



ANVM - Mobile App

Proyecto de Sistemas Informáticos
Facultad de Informática, UCM
Curso 2012/2013

Autores:
Miguel Gutiérrez García-Cuevas
Víctor Ortiz García

Director:
Luis Garmendia Salvador

Co-directora:
Victoria López López

Autorización

Se autoriza a la Universidad Complutense a difundir y utilizar con fines académicos, no comerciales y mencionando expresamente a sus autores, tanto la propia memoria, como el código, los contenidos audiovisuales incluso si incluyen imágenes de los autores, la documentación y/o el prototipo desarrollado.

Firmado:

Víctor Ortiz García

Miguel Gutiérrez García-Cuevas

Resumen

El mapeado y la localización en interiores han sido un problema, en su mayor parte, no resuelto. Las técnicas actuales utilizan escaneado láser 3D (LIDAR) y posicionamiento mediante ondas de radio. Sin embargo, uno de los principales inconvenientes que tienen estas técnicas es el empleo de equipos muy caros y que requieren mucho tiempo para su despliegue y utilización. En este proyecto se presenta una solución tanto hardware como software: ANVM. Se proporciona un dispositivo de mapeado económico y preciso, software para la edición de mapas y una aplicación para smartphones basada en Android.

Una vez cargada la virtualización en el móvil, se proporciona una representación 2D del mapa junto con imágenes panorámicas de cada zona. Para la localización se hace uso de códigos QR que son capturados por la cámara del móvil resultando un esquema sencillo pero eficaz para conocer la posición del usuario. Por último, un motor de búsqueda de puntos de interés completa la funcionalidad de la aplicación para los propósitos perseguidos.

Palabras clave: mapas 2D, Android, localización interiores, código QR, panorama, SLAM, Kinect, reconstrucción, virtualización, rutas.

Abstract

Indoor localization and mapping has been a largely unresolved problem. Current state-of-the-art approaches use 3D laser scanning (LIDAR) and radio wave positioning. A major drawback is they require very expensive equipment and are time consuming to set up. We present a complete software and hardware solution: ANVM (Augmented Navigation & Virtual Mapping). Providing an inexpensive but accurate mapping device, map editing software and a smartphone application based on Android. In order to speed up the mapping and localization workflow we developed in-house software allowing users to edit and publish map information directly into the smartphone application.

Once the virtualization data is uploaded on the phone, we provide a tiled 2D representation of the map plus cylindrical panoramic images of each zone. For localization we have made use of quick response codes, captured with the smartphone's camera, and resulting in a simple but effective localization scheme. Finally, a lightweight location search engine completes the remaining functionality required for our purposes.

Keywords: 2D Maps, Android, indoor localization, QR code, panorama, SLAM, Kinect, reconstruction, virtualization, routes.

Prólogo

Hace un año aproximadamente Miguel, Víctor, Alejandro y Ricardo nos comentaron a varios profesores su deseo de realizar su proyecto fin de carrera en un tema especial. Era especial por muchos motivos. El primero porque incluía una parte hardware, lo cual es bastante normal pero no es lo más habitual. En segundo lugar, porque se proponían desarrollar algo para lo que no había solución en el mercado. Otro factor que hacía especial a este proyecto es que los alumnos venían ya con un trabajo previo desarrollado: habían investigado la viabilidad, desde un punto de vista informal, del proyecto. Era y es un grupo emprendedor. Además, son cuatro y no estaban dispuestos a separarse. Eran y son un equipo.

Un equipo así no se encuentra fácilmente, así que, evidentemente, aceptamos el reto de dirigir su proyecto como un regalo.

Por motivos formales finalmente se han presentado dos proyectos de dos alumnos cada uno, separando dos partes perfectamente diferenciadas. En ambas partes la complejidad de los problemas resueltos ha sido muy alta, como puede apreciar cualquier interesado. Se han resuelto problemas técnicos invirtiendo muchos esfuerzos, sobre todo en tiempo de estudio e investigación. Esta memoria se corresponde con la parte software. Tras un año de trabajo, de alegrías y frustraciones, de fallos y éxitos, el equipo ha conseguido terminar un ambicioso proyecto y acumular una experiencia que estamos seguras les será de mucha utilidad para su proyecto emprendedor. Los cuatro merecen la más alta calificación. En la facultad recibirán la calificación que decida un tribunal. En la vida, si continúan así, recibirán la más alta. ¡Mucha suerte chicos!

Victoria López y Guadalupe Miñana

Índice

1 Definición del proyecto	1
1. ¿Qué es ANVM?	1
2. Idea inicial	2
3. Sub-proyectos de ANVM	3
3.1. ANVM: Virtual Mapping	3
3.2. ANVM - Map Editor	4
3.3. ANVM - Mobile app	6
2 Estado del arte y visión	9
1. Posicionamiento	9
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Declaración de posición del producto	12
2. Demografía de mercado	12
3. Alternativas y competidores	15
3.1. MapStack	15
3.2. Quickmap	16
3.3. Melon maps	17
3.4. Wifarer in-venue navigation	18
3.5. Google	19
4. Visión general del producto	22
4.1. Perspectiva del producto	22
4.2. Sumario de capacidades	24
5. Características del producto	24
3 Requisitos	27
1. Requisitos software	27
1.1. Inquietudes	27
1.2. Problema: localización en interiores	27
1.3. La alternativa: Kinect + posicionamiento	28
1.4. Mostrar información, 2D ó 3D	28
1.5. Las pruebas previas	29
1.6. Dificultades encontradas	30
1.7. Conclusiones tras las primeras aproximaciones	31
2. Descripción general	31
2.1. Perspectiva del producto	31

2.2. Funcionalidades del producto	32
2.3. Características de los usuarios	32
2.4. Limitaciones	32
3. Requisitos específicos	33
3.1. Funcionalidad	33
3.2. Usabilidad	34
3.3. Seguridad	35
3.4. Rendimiento	35
3.5. Restricciones del diseño	36
3.6. Componentes adquiridos	37
3.7. Interfaces	37
4 Software utilizado	41
1. Tileador de imágenes: MapTiler	41
2. Reconocedor de códigos QR: ZBar	45
3. Panoramas	46
3.1. Creador de panoramas: Hugin	47
3.2. Visualizador de panoramas: PanoramaGL	53
5 Casos de uso	55
1. Casos de uso Mobile App	55
1.1. Caso de uso Interactuar con menús	56
1.2. Caso de uso Ver mapa	58
1.3. Caso de uso Hacer zoom	61
1.4. Caso de uso Localización QR	63
1.5. Caso de uso Búsqueda de puntos de interés	66
1.6. Caso de uso Ver información de punto de interés	68
1.7. Caso de uso Navegar por panoramas	70
2. Casos de uso Map Editor	72
2.1. Caso de uso Interactuar con la interfaz	73
2.2. Caso de uso Movimiento por el mapa y zoom	75
2.3. Caso de uso Crear infoNodes	76
2.4. Caso de uso Editar infoNode	78
2.5. Caso de uso Gestionar mapNode	79
2.6. Caso de uso Crear mapNode	80
2.7. Caso de uso Conectar mapNodes entre sí	80
2.8. Caso de uso Guardar información	82
2.9. Caso de uso Cargar información	83
2.10. Caso de uso Cargar mapa	85
6 Arquitectura y diseño	87

1. Objetivos y restricciones de la arquitectura	87
2. Vista lógica, diseño e implementación	88
2.1. Paquetes del módulo Map Editor	88
2.2. Paquetes del módulo Mobile App	91
3. Vista de casos de uso	99
3.1. Vista de casos de uso Mobile App	99
3.2. Vista de casos de uso Map Editor	100
4. Vista de procesos	102
5. Arquitectura Android	103
 7 Plan de desarrollo	 107
1. Descripción del proyecto	107
1.1. Propósito del proyecto, alcance y objetivos	107
1.2. Suposiciones y limitaciones	108
1.3. Entregas del proyecto	109
1.4. Evolución del plan de desarrollo de software	110
2. Organización del proyecto	112
2.1. Estructura organizativa	112
2.2. Colaboradores externos	113
2.3. Roles y responsabilidades	114
3. Proceso de gestión	115
3.1. Estimaciones	115
3.2. Plan de proyecto	115
3.3. Planes de iteración	121
3.4. Control y seguimiento del proyecto	130
 8 Glosario	 135
1. Definiciones	135
1.1. Acelerómetro	135
1.2. Activity	135
1.3. Android	135
1.4. Android Manifest	136
1.5. ANVM - Map Editor	136
1.6. ANVM - Mobile App	136
1.7. ANVM - Virtual Mapping	137
1.8. Arduino	137
1.9. Código QR	137
1.10. Dalvik, máquina virtual	138
1.11. Dropbox	138
1.12. Framework	138

1.13. Google	138
1.14. GPRS	140
1.15. GPS	140
1.16. G-Tec	141
1.17. Hugin	141
1.18. Incubadora de ideas	141
1.19. InfoNode	141
1.20. Ipsos	142
1.21. iOS	142
1.22. Java	142
1.23. kd-Tree	142
1.24. Kinect sensor de Microsoft	143
1.25. MapNode	143
1.26. Middleware	143
1.27. Mobile World Congress	143
1.28. MRPT	143
1.29. OpenGL	144
1.30. OpenGL-ES	144
1.31. Open Handset Alliance	144
1.32. Panorama	144
1.33. PanoramaGL	144
1.34. PDA	145
1.35. Realidad aumentada	145
1.36. SLAM	145
1.37. Smartphone	145
1.38. Stitching (cosido)	146
1.39. Tablet	146
1.40. Tile	146
1.41. Tilar una imagen	146
1.42. TortoiseSVN	147
1.43. Vista cenital	147
1.44. Wayra	147
1.45. Wi-fi	147
1.46. XML	147
1.47. ZBar	148
1.48. ZXing	148

9 Bibliografía y referencias 149

10 Anexo I: Plan de Empresa 153

Capítulo 1

Definición del proyecto

Esta parte del documento trata de introducir al usuario en el contexto de ANVM, intentando aclarar los aspectos principales del mismo. En primer lugar se define el sistema ANVM en conjunto y las ideas e inquietudes que llevaron al equipo a desarrollar este proyecto. Más adelante se hace una distinción de cada uno de los sub-proyectos que forman la suite de herramientas ANVM, entrando a definirlos brevemente. Todos los términos científicos, tecnicismos, siglas y demás expresiones que necesiten una breve explicación complementaria están recogidos en el capítulo Glosario.

1. ¿Qué es ANVM?

ANVM (Augmented Navigation and Virtual Mapping) en conjunto, persigue aportar una solución al problema de la localización en interiores. Es un proyecto novedoso que trata de incurrir en los campos de la robótica, computación visual, y desarrollo de aplicaciones móviles. Muchas veces los usuarios han podido sentirse perdidos en un centro comercial, no sabiendo hacia que lado ir para buscar unos aseos, una tienda o la salida. O también, en un aeropuerto, donde a veces es algo complicado encontrar la puerta de embarque o un restaurante adecuado donde poder comer. ANVM trata de ofrecer una solución a estos problemas permitiendo la localización dentro de un espacio interior.

Por tanto, ANVM se posiciona como una herramienta capaz de ofrecer a un espacio interior concreto (centros comerciales, aeropuertos, universidades) una forma de que sus usuarios se orienten mejor en dichos espacios, siguiendo para esto un proceso muy simple:

1. Primero, una reconstrucción virtual del espacio para la obtención de un mapa en 2D (si se dispone ya de uno, esta fase puede no ser necesaria).
2. Segundo, un proceso de recogida de información sobre los puntos que se desean mostrar sobre este mapa.

Para ello, ANVM se divide a su vez en proyectos más pequeños que realizan cada una de estas tareas. ANVM - Mobile App y ANVM - Virtual Mapping.

La localización se lleva a cabo mediante un smartphone, dispositivo del que actualmente disponen la mayoría de los usuarios. A través del mismo el sistema ofrece un conjunto de funcionalidades de gran utilidad dentro de ese espacio interior. De esta parte del proyecto se ocupa ANVM - Mobile App.

Para el correcto funcionamiento de esta aplicación en el smartphone, es necesario un pre-procesamiento del espacio interior sobre el que se desea aplicar. Es necesaria la obtención de un mapa del espacio. De este cometido se encarga la parte ANVM - Virtual Mapping.

En este proyecto también se incluye un programa desarrollado en Java, denominado ANVM - Map Editor que actúa como nexo entre los sub-proyectos. Esta aplicación de

escritorio permite que los datos generados por la reconstrucción virtual puedan ser interpretados después por la aplicación móvil. Además permite la inserción de datos sobre los puntos de interés que desee el cliente del proyecto que aparezcan dentro de la aplicación móvil.

Unidas estas herramientas (Virtual Mapping + Mobile app + Map Editor) ofrecen el conjunto de funcionalidades de ANVM, formando un proyecto completo. Cabe destacar que a pesar de ser dos proyectos separados, están totalmente relacionados en la medida en la que uno depende del otro y viceversa.

2. Idea inicial

ANVM surgió con la idea principal de sacar partido a un dispositivo que ofrece grandes posibilidades como es el Kinect de Microsoft. Según conocimientos previos a este proyecto, se sabía que este dispositivo era capaz de virtualizar un espacio, y reconocer objetos dentro de él. A partir de este concepto, se pensó aplicarlo a un problema de la vida real: la localización en interiores.

La primera intención era conseguir virtualizar tridimensionalmente el espacio interior con el Kinect y, posteriormente, poder utilizar dicha reconstrucción virtual para localizar usuarios dentro de él. Con el creciente uso de los smartphones en nuestra sociedad, parecía una buena idea realizar esa localización mediante estos dispositivos de uso tan común. Una vez el usuario estuviera localizado dentro de cualquier punto del espacio interior, el objetivo era poder guiarle a través de la reconstrucción hasta llegar al sitio que el usuario deseara.

Esta primera idea se ha mantenido en esencia; el proyecto ANVM sigue ofreciendo esa funcionalidad, pero de una manera distinta. Se ofrece una virtualización en dos dimensiones (un plano o mapa) en vez de una reconstrucción tridimensional. Se ofrece también la posibilidad de navegar en el smartphone por la reconstrucción, pero no de forma tridimensional sino bien mediante el uso del mapa, o de imágenes panorámicas.

El sistema de localización del proyecto actual difiere también de la idea inicial, que era poder localizarse en cualquier punto del espacio interior. Esto se pretendía que fuera realizando una foto a cualquier punto del espacio interior, y mediante la técnica de localización basada en imágenes ser capaz de establecer la posición del usuario dentro de la reconstrucción. Esto no fue posible por motivos que se detallarán en el capítulo de investigación de ANVM- Virtual Mapping y que finalmente derivó en la utilización de la técnica QR, esto es, emplazar dentro del espacio interior sobre el que nos queremos localizar un conjunto de códigos QR que sirvan para identificar cada punto de la reconstrucción.

3. Sub-proyectos de ANVM

A continuación se presenta una introducción a cada uno de las herramientas que forman ANVM con la intención de dejar clara qué parte de funcionalidad aporta cada uno, y qué problema concreto resuelven. En la figura 1 podemos ver un diagrama que ilustra los componentes de este sistema.

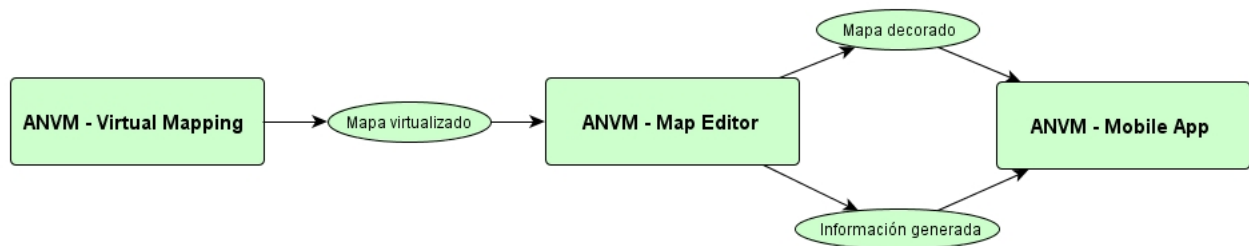


Figura 1: Vista general ANVM

3.1. ANVM: Virtual Mapping

Se trata del proyecto desarrollado en paralelo al que los creadores de esta memoria de trabajo han llevado a cabo. El objetivo principal de este sub-proyecto dentro de ANVM es realizar una reconstrucción de un cierto espacio interior para generar un mapa 2D de dicho lugar que pueda servir de guía para la aplicación móvil. Para la realización de esta reconstrucción se utilizan ciertos componentes hardware, que unidos forman un dispositivo capaz de realizar este cometido (ver figura 2). El técnico o desarrollador de ANVM que esté realizando la reconstrucción tendrá que guiar el dispositivo por toda la instalación que se desee virtualizar de forma manual, para que el dispositivo vaya reconstruyendo el espacio a medida que se va avanzando por el mismo.

Los componentes hardware que componen el robot de reconstrucción son principalmente:

- **Sensor Kinect de Microsoft**, capaz de captar el espacio y generar nubes de puntos que lo describen, y un robot capaz de ofrecer información sobre la posición actual del Kinect dentro de la reconstrucción.
- **Placa Arduino**: necesaria para la comunicación con el ordenador cuando se están recogiendo los datos en una virtualización.
- **Dos encoders**: que proporcionan información sobre la distancia que se ha movido el robot así como la dirección en la que se está moviendo.
- **Carro portátil**: empleado para sostener el arduino junto con el Kinect y los encoders instalados en las ruedas.

ANVM - Virtual Mapping ofrece, por tanto, una manera sencilla de obtener un mapa 2D a escala de un espacio interior. El dispositivo utilizado para realizar este SLAM (localización y mapeado simultáneo) ha sido construido por los desarrolladores de ANVM, y ofrece una alternativa bastante económica para realizar virtualizaciones de un cierto

lugar interior. Se contempla también en un futuro poder realizar virtualizaciones en tres dimensiones, aunque de momento esa funcionalidad no está implementada.

Para obtener detalles más concretos sobre la investigación realizada, los requisitos, la arquitectura y la visión de esta parte del proyecto se remite al lector a la memoria de ANVM - Virtual Mapping, realizada por Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.



Figura 2: Dispositivo ANVM capaz de realizar la virtualización

3.2. ANVM - Map Editor

ANVM - Map Editor es un programa desarrollado por los integrantes de este proyecto, que sirve de enlace entre ANVM - Mobile App y los mapas generados por ANVM - Virtual Mapping. Su intención es permitir que el mapa virtualizado sea incorporado en la aplicación móvil junto con un conjunto de datos sobre el espacio reconstruido. Posteriormente estos datos permitirán a la aplicación móvil ofrecer las funcionalidades con las que cuenta.

Cabe destacar que el usuario objetivo de este programa no es el usuario final del proyecto, sino el usuario intermedio para el que se está personalizando la aplicación. Esta herramienta permite la configuración de los parámetros del mapa sobre el que se ha realizado el SLAM. Estos datos han de ser proporcionados por dicho usuario, por ejemplo el

dueño del centro comercial o del aeropuerto que se esté reconstruyendo. En su defecto, el usuario de esta aplicación serían los desarrolladores de la misma, que para finalizar el proceso de configuración aportarán los parámetros necesarios a esta aplicación.

ANVM - Map Editor está desarrollado en Java, lenguaje altamente conocido por los integrantes del proyecto, fácil de manejar y detectar posibles errores y utilizable en prácticamente todas las máquinas del mercado. Se hablará más adelante en el resto de secciones más detalladamente de esta aplicación, pero se van a enumerar ahora el conjunto de funcionalidades que ofrece:

- **Inserción de puntos de interés (PI):** dado que una de las funcionalidades de la aplicación móvil es ofrecer al usuario el conjunto de PI de los que dispone el lugar, se han de indicar en algún momento a la aplicación cuáles son esos puntos. Este programa permite la localización en el mapa de dichos PI así como dotar a cada uno de ellos de un título y una descripción además de elegir el icono con el que posteriormente aparecerá en la aplicación móvil. En adelante estos puntos de interés aparecerán también mencionado como infoNodes.
- **Inserción de puntos clave del mapa:** dado que se pretende guiar al usuario mediante la aplicación móvil, este programa permite la inserción de puntos clave (nodos) en el mapa que conformarán el grafo de posibles puntos a los que se puede llegar y desde los que se puede localizar el usuario. Habrá que insertar tantos puntos como códigos QR haya localizados en el espacio interior, y más si fueran necesarios. Esta tarea corresponde a la configuración de la aplicación y por tanto la debería realizar el técnico que esté instalando ANVM en el espacio interior. En adelante, estos puntos clave del mapa aparecerán mencionados también como mapNodes.
- **Conexiones:** permite seleccionar los nodos del mapa que están unidos unos con otros, es decir aquellos a los que se puede llegar desde un cierto nodo. Esta información es necesaria para el posterior trazado de rutas en la aplicación móvil por las que guiar al usuario final a través del mapa.
- **Distancias:** dado que el mapa está a escala o bien reconstruido por la técnica SLAM que ofrece este proyecto, las distancias que calcula esta aplicación son reales y corresponden con las distancias entre cada uno de los nodos del mapa.
- **Archivos generados:** la aplicación genera los siguientes archivos:
 - Un XML que almacena todos los puntos clave del mapa (mapNodes).
 - Un XML que guarda los puntos de interés del mapa (infoNodes).
 - Una imagen con un código QR para cada mapNode que contiene el identificador único de dicho nodo. Este identificador se utiliza en la aplicación móvil para saber la posición del usuario tras escanear el código.

Tras recolectar toda la información necesaria mediante esta aplicación se generará un fichero XML que será posteriormente enviado a la aplicación móvil para que contenga los datos necesarios y el proyecto ANVM esté completamente configurado. En la figura 3 podemos encontrar una captura sobre esta aplicación.



Figura 3: ANVM - Map Editor

3.3. ANVM - Mobile app

Esta aplicación implementada para smartphones Android (aunque en un futuro puede ser ampliable a iOS) se encarga de ofrecer toda la funcionalidad para el usuario final.

A partir del mapa generado por ANVM - Virtual Mapping, y después de recibir la información necesaria proveniente del ANVM - Map Editor, permite al usuario navegar por dicho mapa. Ofrece además un conjunto de utilidades que se detallan a continuación:

- **Localización:** Permite establecer la posición del usuario a partir de la utilización de códigos QR repartidos estratégicamente por todo el espacio interior.
- **Guía:** Una vez localizado el usuario, se le permite elegir entre una lista de puntos de interés a los que poder dirigirse, que dependerán del espacio interior concreto. Además se le ofrece una guía mediante el mapa 2D o a través de imágenes panorámicas, que corresponden con una vista más natural del espacio reconstruido.
- **Exploración del mapa:** Se ofrece la opción de navegar por el mapa del sitio, o por sus imágenes panorámicas (al estilo Google Street View) para que el usuario pueda descubrir los puntos de interés del lugar virtualizado.

Esta es una aplicación totalmente general que funciona para cualquier espacio virtualizado. Es decir, los parámetros de los que depende son el mapa del sitio, y sus puntos de interés (restaurantes, aseos, despachos o salidas, por mencionar algunos) que a su vez dependen del lugar que se ha reconstruido. Está diseñada para que la aplicación se configure automáticamente dependiendo del lugar, sin necesidad de crear una aplicación móvil para cada lugar que se reconstruya. Si por ejemplo se realiza la virtualización de un aeropuerto, se generarán los archivos necesarios mediante la herramienta Map Editor para que la aplicación se configure correctamente y muestre tanto el mapa como los datos del aeropuerto. Si se decide reconstruir un centro comercial se sigue el mismo proceso sin necesidad de modificar la aplicación móvil más allá de un cambio en la estética y rótulos. Se puede ver una captura de la aplicación móvil personalizada para la

Facultad de Informática en la figura 4.



Figura 4: ANVM - Mobile App

Capítulo 2

Estado del arte y visión

El propósito de este capítulo del documento es recoger, analizar y definir las necesidades y expectativas a alto nivel del proyecto ANVM. Se centra en las capacidades requeridas por los posibles interesados en el proyecto así como en los usuarios a los que está destinado el producto. Los distintos detalles de cómo el sistema ANVM satisface estas necesidades están descritos ampliamente en el capítulo de Casos de Uso. Todos los términos científicos, tecnicismos, siglas y demás expresiones que necesiten una breve explicación complementaria están recogidos en capítulo Glosario.

1. Posicionamiento

En esta sección se describen mediante tablas los principales problemas identificados en el mercado actual como la localización en interiores, la inexistencia de una mapa para guiarse en una gran superficie o la búsqueda de puntos de interés por mencionar algunos. De cada problema, se analizan los afectados, el impacto que tiene sobre ellos y una posible solución al mismo. En consecuencia, tras definir estos problemas detalladamente, se realiza una declaración de posición del producto.

1.1. Planteamiento del problema

El problema de	La localización en interiores.
Afecta a	Usuarios que necesitan conocer su posición dentro de un lugar cubierto donde no existe señal GPS para localizarse.
Impacto	El usuario tendrá que dirigirse a un punto de información para poder consultar un mapa. Cabe la posibilidad de que este punto de información ni siquiera exista en algunos lugares. Es posible también que a pesar de existir dicho mapa, no esté localizado en él dicho usuario.
Solución	ANVM ofrece la posibilidad de que el usuario se localice en el mapa virtual capturando un código QR.

Tabla 1: Descripción del problema de la localización en interiores

El problema de	La obtención de indicaciones para dirigirse a un lugar en interiores.
Afecta a	Usuarios que se encuentran en espacios cubiertos desconocidos donde no hay señal GPS y necesitan llegar a algún lugar de dicho espacio.
Impacto	Si el usuario cuenta con un mapa, debe ser capaz de orientarse en él y consultarlo periódicamente a medida que avanza en su recorrido. En caso de que no cuente con un mapa, el usuario tendrá que dirigirse a un punto de información para poder consultar un mapa y memorizar el recorrido que debe hacer. Cabe la posibilidad de que este punto de información ni siquiera exista en algunos lugares.
Solución	ANVM ofrece al usuario la ruta óptima para llegar al lugar que desee. Para ello recibe indicaciones incorporadas en el mapa que se está mostrando en la pantalla de su dispositivo móvil.

Tabla 2: Descripción del problema de obtención de indicaciones

El problema de	La inexistencia de un mapa del lugar en el que se encuentra el usuario.
Afecta a	Usuarios que se encuentran en espacios cubiertos desconocidos y de los cuales no tiene ningún tipo de mapa con el que orientarse.
Impacto	El usuario tendrá que dirigirse a un punto de información para poder consultar un mapa. Cabe la posibilidad de que este punto de información ni siquiera exista en algunos lugares.
Solución	ANVM ofrece la posibilidad al usuario de consultar el mapa en el dispositivo móvil, pudiendo obtener más detalle empleando el zoom. Además incluye información de los puntos de interés más importantes marcados sobre el propio mapa, con descripciones sobre los mismos.

Tabla 3: Descripción del problema de la consulta de un mapa virtual

El problema de	La búsqueda de puntos de interés.
Afecta a	Usuarios que se encuentran en espacios cubiertos desconocidos, que están buscando algún punto de interés como despachos, baños públicos o cafeterías.
Impacto	El usuario tendrá que dirigirse a algún empleado del lugar o a algún mapa para recibir indicaciones.
Solución	ANVM ofrece la posibilidad de que el usuario consulte el mapa en el dispositivo móvil, pudiendo realizar una búsqueda dentro de la propia aplicación. Una vez seleccionado el punto de interés la aplicación muestra información sobre ella y da la posibilidad de activar las indicaciones para dirigirse hasta allí.

Tabla 4: Descripción del problema de la búsqueda de puntos de interés

El problema de	La búsqueda de la salida en caso de emergencia
Afecta a	Usuarios que se encuentran en espacios cubiertos en los cuáles es necesaria la evacuación por alguna emergencia y desconocen dónde se encuentra la salida de emergencia más cercana
Impacto	El usuario tendrá que dirigirse a algún mapa para consultar esta información y memorizar el recorrido hasta llegar a la salida.
Solución	ANVM ofrece la posibilidad al usuario de consultar la ruta más rápida de evacuación en caso de emergencias. Se visualiza en el propio mapa de la aplicación tras localizar al usuario.

Tabla 5: Descripción del problema de la búsqueda de la salida en caso de emergencia

1.2. Declaración de posición del producto

En la tabla 6 se puede ver la declaración de la posición del producto ANVM - Mobile App.

Para	Todos aquellos usuarios propietarios de smartphone Android.
Qué	Sean curiosos y tengan inquietud por conocer todos los lugares allá donde van.
ANVM	Es una suite de herramientas que proporciona una aplicación optimizada para móviles que cuenta con la virtualización de un lugar en concreto que el usuario puede consultar, o realizar búsquedas de puntos de interés que se encuentren en él.
Qué	Gracias a la cual el usuario nunca se encontrará desorientado.
Al contrario de	Otras aplicaciones que utilizan la señal GPS, la cual no está disponible en interiores, y que no proporcionan orientación al usuario.
Nuestro proyecto	Se presenta como una alternativa económica para empresas que busquen promocionar su negocio mediante el uso de las nuevas tecnologías o necesiten dar un soporte de guía por sus instalaciones a los usuarios.

Tabla 6: Declaración de posición de producto

2. Demografía de mercado

Tras los primeros pasos de los ordenadores, en los años 70 comenzaron a fabricarse en masa los actuales Personal Computer (PC), con el objetivo de acercar al hogar lo que hasta ahora se destinaba sólo al contexto de los negocios y la industria. Ya en los 80 gracias a su bajo coste y polivalencia se convirtieron en un icono y empezaron a formar parte de muchos de nuestros hogares. Durante los 90 aumentaron su potencia de procesamiento sin elevar excesivamente el coste por lo que su uso continuó expandiéndose.

A raíz de la aparición de internet los ordenadores empezaron a considerarse el centro de las actividades tanto lúdicas (multimedia y videojuegos) como laborales, posicionándose además como una de las principales herramientas de comunicación en ambos campos. El objetivo de la industria por aquel entonces era el de colgar en internet el mayor número de información y contenidos para que el usuario pudiera consultarla desde su ordenador. En paralelo al desarrollo de internet, fueron creciendo cada vez más también las tecnologías portátiles como ordenadores, consolas, móviles y PDAs.

En el momento en el que se integró internet en dispositivos portátiles su uso se elevó exponencialmente, la tendencia del mercado cambió, y los teléfonos convencionales comenzaron a denominarse smartphones. Ahora se cuenta con que casi 5 de cada 10 personas en España tiene smartphone. Por este motivo, lo que se busca es que la información vaya de nuevo al usuario y no el usuario tenga que acudir a ella a través de

su ordenador del hogar. Algunas de las características y funcionalidades que tienen los smartphones actualmente son:

- Están dotados de un sensor GPS, utilizado para localizar al usuario gracias a la información enviada y recibida por satélite.
- Pueden recibir y enviar llamadas a cualquier parte del mundo.
- Pueden recibir y enviar mensajes de texto y multimedia, bien sea por la red de teléfono o por internet.
- Cuentan con conexión a internet a través de Wifi o red móvil en casi cualquier parte del mundo.
- A través de ellos se puede consultar toda la información necesaria usando una conexión a internet, empleando aplicaciones específicas y navegadores.
- Tienen acelerómetros para detectar movimiento o giros.
- Almacenamiento de hasta 64GB.
- Posibilidad de conectar unos auriculares para poder escuchar música.

Todas estas características convierten a los smartphones en el centro de actividades de las personas hoy en día. Cada vez con más fuerza están tomando el terreno de las consolas portátiles, los reproductores de música, los navegadores GPS, las PDAs y los pen-drives de almacenamiento ya que un mismo dispositivo reúne todas las funcionalidades de los demás.

A continuación se van a mostrar algunos datos recogidos por Google e Ipsos en 2012 que fueron presentados en el Mobile World Congress 2012. El estudio tiene como países de muestra a Estados Unidos, Reino Unido, Francia, España, Alemania y Japón:

- En España, en el periodo que comprende los meses de Marzo a Agosto de 2011 el porcentaje de usuarios de smartphone pasó de un 33 % a un 44 %. El único país que igualó este crecimiento en el mismo periodo fue Japón. El resto de países presentes en el estudio tuvieron un crecimiento en torno al 4 %.
- En España, el 89 % de los usuarios de internet se conecta a través del teléfono móvil, y el 97 % a través del ordenador.
- En España el 96 % de los usuarios realizan búsquedas en el smartphone cada día y el 84 % al menos una vez por semana.
- El 86 % de los españoles que han realizado búsquedas locales con sus smartphones han realizado alguna acción en consecuencia.
- En España se utilizan los smartphones preferentemente y en orden de mayor a menor uso desde: casa, allí donde van, cafeterías, trabajo, restaurantes y transporte público.
- Las actividades que realizan los españoles al mismo tiempo que utilizan sus smartphones son principalmente escuchar música o la radio y ver la televisión.
- Más de la mitad de los usuarios de smartphones españoles busca información respecto a productos en su dispositivo tras ver un anuncio en tiendas, televisión, revistas o posters.

- La media de aplicaciones instaladas en el dispositivo es de 19, de las cuáles 6 son de pago y el resto gratuitas. En este apartado, España tiene la media más baja de todos los países presentes en el estudio.
- El 50 % de españoles que busca un negocio o servicio en un mapa y el 49 % que visita la web a través del móvil realiza una compra.
- El 24 % de los usuarios de smartphones españoles utilizan sus dispositivos para realizar compras. Japón lidera este apartado con un 40 %. A pesar de estos datos, el 41 % de los españoles ha hecho una compra en el último mes, lo que hace pensar que seguirá creciendo este porcentaje (24 %).

Todos estos datos reflejan la tendencia de la población actualmente, en cuya vida tiene cada vez más peso el uso de la tecnología portátil en general y de los smartphones en particular. Es por ello que cada vez que las personas se sienten perdidas en algún lugar recurren muchas veces a la búsqueda por internet de algún tipo de mapa o referencia que le ayude a orientarse. Esta necesidad del usuario es la que pretende cubrir la herramienta ANVM, que pone a disposición de las organizaciones y empresas un conjunto de funcionalidades para llevar su comercio, negocio o servicio al campo de las nuevas tecnologías.

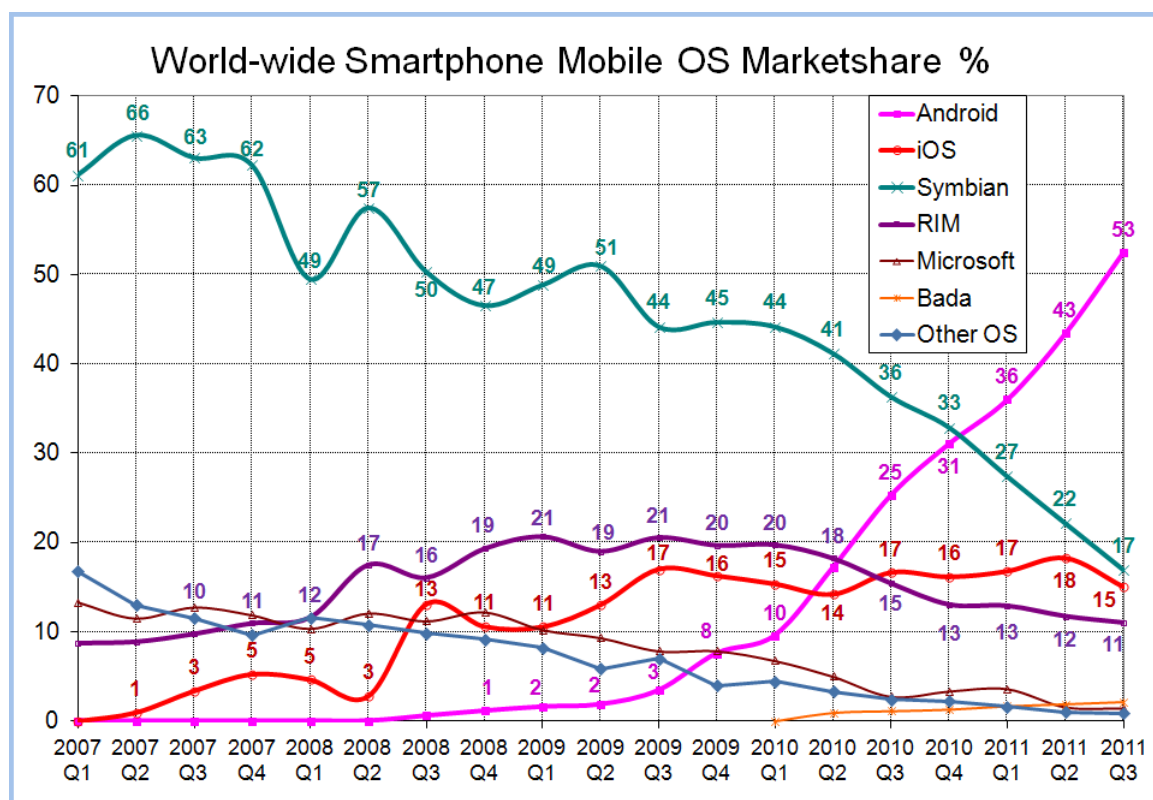


Figura 5: Cuota de mercado SO para smartphones (2007-2011). Fuente commons.wikimedia.org

La parte de este proyecto destinada a los smartphones se ha realizado en el sistema operativo (SO) Android desarrollado por Google. Se ha elegido esta plataforma porque además de ser gratuita es la que más ha crecido en los últimos años y la que llega a un mayor número de usuarios. Entre los años de 2008 y 2011, Android ha sido el SO que

más ha crecido tal y como se observa en el gráfico de la figura 5. Este crecimiento es debido a la gran cantidad de fabricantes que están instalándolo en sus dispositivos, a la gran comunidad de desarrolladores que tiene y a que se trata de un software de código libre ofrecido por Google que los propios fabricantes de teléfonos pueden modificar para sus terminales. Esta tendencia que se veía reflejada en la figura 5, se repite también en estudios más recientes realizados como se muestra en la figura 6.

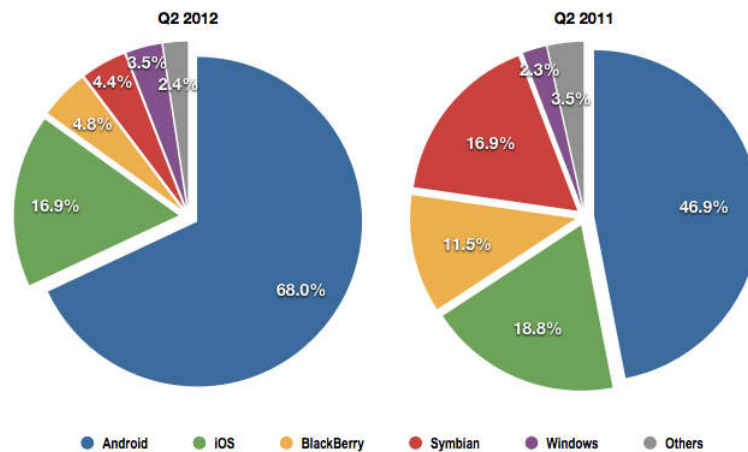


Figura 6: Cuota de mercado SO para smartphones (2011-2012). Fuente www.theregister.co.uk

3. Alternativas y competidores

A continuación se van a enumerar las alternativas al producto que se han encontrado en el mercado y se han identificado como posibles competidores, estas son: MapStack, Quickmap, Melon Maps, Wifarer in-venue navigation y algunas herramientas de Google.

3.1. MapStack

Se trata ante una aplicación gratuita para Android desarrollada por MapStack Admin. cuya función es mostrar al usuario información en vistas 2D y 3D para la navegación en interiores. Ofrece la posibilidad de buscar lugares por etiquetas y visualizar las opiniones de otros usuarios que estuvieron allí y escribieron alguna reseña. Según las estadísticas de Google Play Store, tiene de 1000 a 5000 descargas con una nota media de 4.8 sobre 5 en las valoraciones de los usuarios. En la figura 7 se observa una captura de esta aplicación.

■ Ventajas

- El usuario puede compartir en redes sociales información sobre los lugares en los que está navegando.
- Utiliza funciones de Google Maps.
- Interfaz cuidada e intuitiva pudiendo emplear vistas en 2D y 3D.

- En exteriores usa la precisión del GPS para la localización.

■ Inconvenientes

- Sólo está asociado a lugares de Hungría.
- Las vistas de los mapas no son detalladas.
- Compatibilidad limitada. Algunos usuarios se han quejado de que no funciona en sus dispositivos.

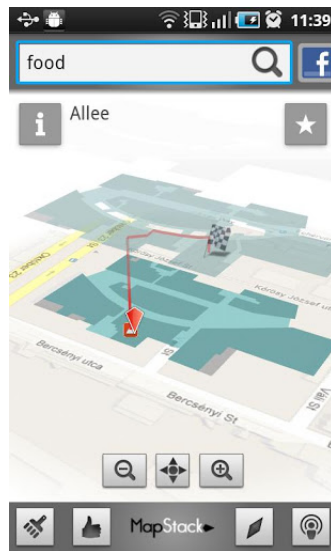


Figura 7: Captura de la aplicación MapStack. Fuente: Google Play Store

3.2. Quickmap

De nuevo se trata de una aplicación gratuita de Android desarrollada esta vez por Wi-fiSLAM. Según los desarrolladores es capaz de encontrar al usuario en un mapa en un periodo de 90 segundos. Primero se realiza una fotografía de un plano de la instalación en la que el usuario se quiere localizar. Más tarde con la aplicación abierta, el usuario debe hacer un pequeño recorrido por la zona en la que está.

La aplicación recoge muestras de las ondas de radio. Esta información es procesada por la aplicación y como respuesta emite la localización del usuario en el mapa previamente escaneado. Fue lanzada al mercado en Enero de 2013 y según Google Play Store tiene entre 1000 y 5000 instalaciones con una nota media de los usuarios de 4.8 sobre 5. Se puede ver una captura de esta aplicación en la figura 8.

■ Ventajas

- No necesita señal GPS para la localización.
- Según los desarrolladores tiene bastante precisión.
- Ha sido lanzado hace poco tiempo y está teniendo una buena acogida por el público en general.

■ Inconvenientes

- La posible localización depende de que el usuario cuente con un mapa del recinto en el que se quiere localizar.
- Necesita demasiada interacción del usuario para la localización, puede llegar a resultar pesado.
- Algunos usuarios han reclamado que a la hora de escanear el mapa del lugar se han dado algunos errores.

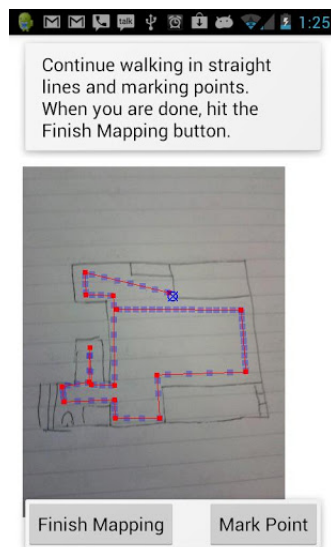


Figura 8: Captura de la aplicación Quickmap. Fuente: Google Play Store

3.3. Melon maps

Esta es una aplicación gratuita desarrollada para Android por Mozooga LLC que cuenta con una gran cantidad de mapas interiores y exteriores. El usuario tiene la posibilidad de buscar lugares cerca de su posición como estadios, casinos, hospitales, centros comerciales y aeropuertos. De alguno de estos centros tiene también el plano interior pero no proporciona una guía dentro de él. Fue lanzado en Abril de 2012 y cuenta con aproximadamente 300 descargas. En la figura 9 se puede ver una captura de esta aplicación.

■ Ventajas

- Tiene mapas de muchos lugares de campos muy diferentes, desde estadios de fútbol, pasando por parques, aeropuertos e incluso casinos.
- Muestra los mapas disponibles de los lugares cercanos a la posición del usuario.

■ Inconvenientes

- No tiene funciones de localización en sus mapas.
- Interfaz de colores demasiado claros que puede hacer que no se distingan bien los textos en ocasiones.



Figura 9: Captura de la aplicación Melon maps. Fuente: Google Play Store

3.4. Wifarer in-venue navigation

Se trata de una aplicación gratuita para Android desarrollada por Wifarer Inc. que muestra al usuario dónde se encuentra y a dónde quiere dirigirse de una lista de lugares colaboradores. Esta lista de lugares cuenta con actualizaciones y únicamente incluye sitios de Canadá y Estados Unidos. Fue lanzada en Noviembre de 2012. Para la localización utiliza las señales Wifi del lugar en el que se encuentra el usuario con el consiguiente error que esto conlleva. Según las estadísticas de Google Play Store tiene entre 1000 y 5000 descargas y una valoración de los usuarios de 4.1 sobre 5. En la figura 10 se puede ver una captura de pantalla de esta aplicación.

■ Ventajas

- Interfaz intuitiva para el usuario.
- Pionera en el campo de la localización en interiores.
- Utiliza funciones de Google Maps.

■ Inconvenientes

- A día de hoy sólo cuenta con lugares de Estados Unidos y Canadá.
- Depende de la señal Wifi para que el usuario pueda ser guiado.
- Poca información en la descripción de Google Play Store. El vídeo de muestra no está disponible.

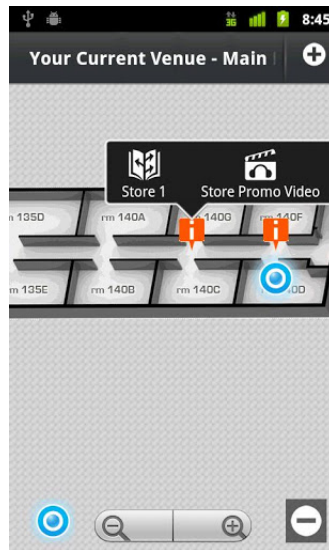


Figura 10: Captura de la aplicación Wifarer. Fuente: Google Play Store

3.5. Google

El gigante americano de la informática moderna cuenta con un gran número de aplicaciones y servicios propios dedicados a la navegación virtual en interiores y exteriores. A continuación se dan los detalles relevantes de las herramientas más populares en este campo.

Google Maps

Se trata de un servicio online ofrecido por Google que muestra al usuario imágenes de mapas obtenidos por satélite. A día de hoy, Google Maps tiene entre 100 y 500 millones de descargas en la plataforma Android. Además cuenta con casi 2 millones y medio de valoraciones de usuarios que sitúan su calificación en un 4.4 sobre 5. En la figura 11 se puede ver una captura de esta aplicación.

■ Ventajas

- API abierta que proporciona una gran cantidad de servicios de localización a páginas web y aplicaciones para móviles.
- Gran precisión en exteriores.
- Existen muchas herramientas integradas de Google que añaden multitud de opciones como Google Ride Finder, Google Sites y Google Traffic entre otros.
- Cuenta con diferentes capas de visualización para los mapas.
- Se puede utilizar en casi todos los navegadores y tiene aplicación propia para Android e iOS.

■ Inconvenientes

- Es necesario conexión a Internet.

- En ciudades no demasiado pobladas el nivel de detalle es bajo.
- Algunas imágenes no son actuales.
- Invade la privacidad de las personas.
- No presenta ninguna solución a la visualización de interiores.

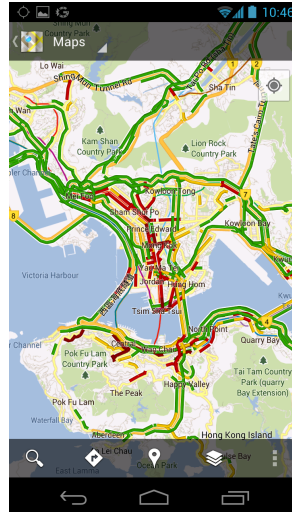


Figura 11: Captura de la aplicación Google Maps

Google Street View

Complemento de Google Maps utilizado para visualizar los entornos virtualizados. Durante la navegación con Google Maps el usuario puede solicitar la visualización Street View para obtener una panorámica del lugar que pida. Utilizan un sistema en el cuál dividen las escenas en nodos. El usuario navega a través de estos nodos bien desde su PC o bien desde su dispositivo portátil. Al igual que Google Maps, el complemento Google Street View cuenta con entre 100 y 500 millones de instalaciones en Android, con una nota media de 4.3 sobre 5 habiéndose registrado en torno al medio millón de valoraciones. En la figura 12 se puede ver una captura en la que aparecen la interfaz de Google Maps y la de Google Street View en un smartphone con sistema operativo Android.

■ Ventajas

- Gran base de datos de ciudades enteras a través de las cuales el usuario puede navegar como si estuviera realmente caminando por una calle en concreto.
- Gran soporte al tratarse de una empresa puntera en el sector.
- Navegación a través de fotos reales adaptadas que dan un gran cantidad de realismo a la reconstrucción.

■ Inconvenientes

- Al ser un complemento de Google Maps, si el usuario quiere conocer su posición necesita señal GPS. Por ello, en interiores no es apropiado.

- Necesita de conexión a Internet para descargarse los lugares por los que se va a navegar.
- Herramientas para conseguir las virtualizaciones realmente caras.
- Invade la privacidad de las personas.

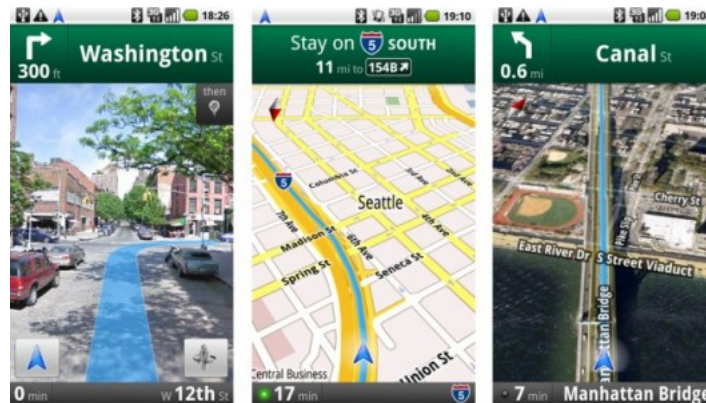


Figura 12: Capturas sobre Google Maps y Google Street View

Google Art Project

Se trata de una plataforma online desarrollada por Google a través de la cual el usuario puede tener acceso a imágenes en alta resolución de las obras de arte de una gran cantidad de museos a nivel mundial. El usuario tiene la capacidad de navegar por las galerías de los museos como si se tratase de la herramienta Google Street View comentada anteriormente. En la figura 13 se puede ver una captura sobre esta herramienta web.

■ Ventajas

- Gran calidad de las imágenes.
- Acerca el arte a los usuarios sin que se tengan que desplazar.

■ Inconvenientes

- Coste elevado de la virtualización debido a las herramientas empleadas para ello.
- A día de hoy, no cuentan con una aplicación para dispositivos portátiles.
- Únicamente están disponibles algunos museos.

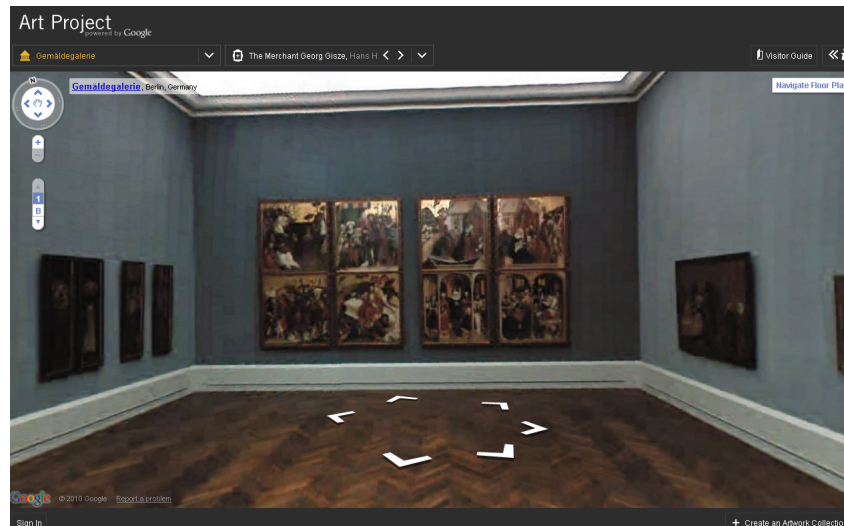


Figura 13: Captura sobre Google Art Project

4. Visión general del producto

En esta sección se describe una visión general de ANVM. Se empieza por una perspectiva del producto donde se comenta los dos proyectos paralelos que forman la suite de herramientas ANVM. Después se enumeran las capacidades del producto y tras ello se pasa a hablar sobre las suposiciones y las dependencias.

4.1. Perspectiva del producto

Como se ha comentado en anteriores secciones, este proyecto forma parte de un proyecto conjunto denominado ANVM, siglas de Augmented Navigation and Virtual Mapping. Su desarrollo ha sido dividido en dos grandes partes que han sido llevadas a cabo en paralelo por dos grupos de Sistemas Informáticos de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) en colaboración con el grupo de investigación G-Tec de la UCM. Dichos sub-proyectos son:

- **ANVM - Virtual Mapping:** Esta primera parte hace referencia a las herramientas y desarrollos necesarios para llevar a cabo la virtualización de los interiores. Con la ayuda del dispositivo Kinect de Microsoft y empleando la información que proporciona un robot construido por los propios alumnos, son capaces de virtualizar en 2D y 3D cualquier entorno interior o exterior. Esta virtualización es la que más tarde emplea la aplicación desarrollada en Java, Map Editor, para detallar y construir el mapa en dos dimensiones con toda la información necesaria. Por último, esta información y este mapa en 2D son los que la aplicación de móvil utiliza para mostrar al usuario final durante la navegación y para el cálculo de rutas.

Este sub-proyecto ha sido desarrollado por los alumnos de la UCM, Ricardo Pragnell Valentín y Alejandro Peñalver Santorio y dirigido por los profesores Juan Carlos Fabero y Guadalupe Miñana.

- **ANVM - Mobile App:** Esta otra parte de ANVM engloba todo el ámbito de desarrollo de la aplicación para móviles Android y la aplicación de Java, ANVM - Map Editor. Este sub-proyecto es el encargado de realizar la aplicación para móviles que utiliza el mapa generado por Virtual Mapping y la información generada por Map Editor.

Este sub-proyecto ha sido desarrollado por los alumnos de la UCM, Miguel Gutiérrez García-Cuevas y Víctor Ortiz García y dirigido por los profesores Luis Garmendia y Victoria López.

El nexo de unión entre ambos proyectos es la aplicación **ANVM - Map Editor**, desarrollada en Java. Esta aplicación toma la virtualización en 2D del entorno en una vista cenital (vista desde arriba), a modo de plano. Sobre esta imagen se añaden los iconos correspondientes a los puntos de interés que se quieran remarcar. A parte del apartado visual, también se colocan los puntos de interés sobre el mapa y se crea una red o grafo sobre el cual se calculan las rutas cuando el usuario solicite el camino óptimo para llegar a un lugar. En el diagrama de la figura 14 podemos ver ilustrada esta distribución. Esta herramienta se encuentra dentro del proyecto Mobile App.

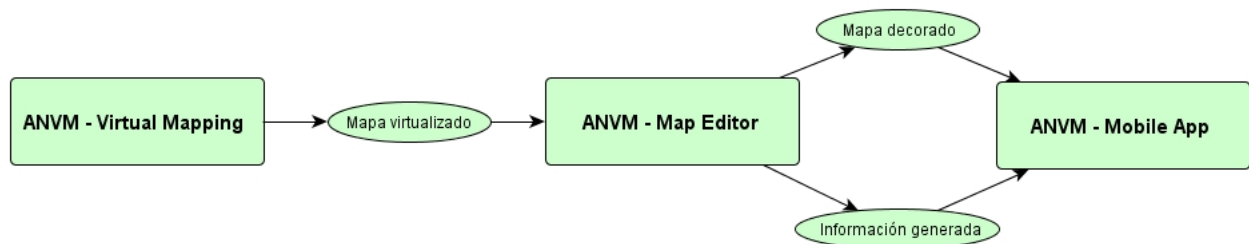


Figura 14: Vista general ANVM

4.2. Sumario de capacidades

La tabla 7 muestra la relación entre las capacidades del proyecto ANVM en su conjunto y los beneficios que aporta a los usuarios.

Beneficios para el usuario	Capacidades del producto
Disponer de un mapa o plano de algún lugar interior desconocido para el usuario.	Gracias a la virtualización llevada a cabo por el equipo de desarrollo de ANVM se pueden obtener mapas de casi cualquier lugar.
Las empresas y organizaciones pueden disponer de una alternativa para virtualizar sus centros y de esta manera sus clientes encuentren más confortable el recorrido por el complejo.	Apoyándose en un pequeño robot de coste relativamente económico y procesando los datos que recoge, ANVM puede fácilmente reconstruir estos complejos.
Disponer de una lista de lugares y puntos de interés en la que se pueden realizar búsquedas.	La aplicación de móvil de ANVM da la posibilidad de buscar lugares dentro de una pequeña base de datos.
Poder optimizar el tiempo para desplazarse de un lugar a otro del centro virtualizado.	ANVM tiene la capacidad de calcular rutas óptimas en distancia entre distintos puntos del mapa que seleccione el usuario.
Poder localizarse en cualquier momento dentro del mapa del complejo.	ANVM da la posibilidad de utilizar códigos QR para poder localizarse dentro del mapa del lugar.
Poder obtener información de cada punto de interés e incluso una vista panorámica del entorno para familiarizarse previamente antes de acudir a él.	Cada punto de interés de la base de datos cuenta con una ficha en la que se encuentra una descripción del propio punto y las opciones para desplazarse hacia allí, verlo situado en el mapa 2D o ver una vista panorámica.
Poder disfrutar de la experiencia de uso de ANVM en varios idiomas.	ANVM está disponible en distintos idiomas para tratar de llegar así a una comunidad de usuarios mayor.
Poder encontrar la ruta óptima a la salida de emergencia más cercana.	ANVM es capaz de mostrar en el mapa la ruta óptima de evacuación en función de la localización del usuario en caso de emergencia.

Tabla 7: Sumario de capacidades

5. Características del producto

Las principales características con las que cuenta ANVM son las siguientes:

- **Virtualización de lugares cerrados en forma de mapas.** Como se explica en la memoria del proyecto paralelo (ANVM - Virtual Mapping), con la ayuda de un pequeño robot construido por los propios desarrolladores y la utilización de cierto software especializado, se obtienen reconstrucciones en dos dimensiones de los lugares deseados.
- **Navegación por un mapa.** Se puede consultar el mapa en la pantalla del teléfono móvil y navegar a través de él realizando acciones de zoom para obtener más detalle sobre una parte concreta. Además el mapa está dotado de iconos y letreros que facilitan su interpretación por parte del usuario.
- **Puntos de interés.** Existe una base de datos de puntos de interés. Estos puntos pueden ser consultados a través de una lista en la que aparecen todos ellos ordenados alfabéticamente o realizando búsquedas de alguno en concreto que se solicite.
- **Localización exacta dentro del mapa.** Utilizando la cámara del smartphone se escanean una serie de códigos QR situados a lo largo de las instalaciones que están asociados a una localización concreta. De esta manera se puede situar al usuario dentro del mapa y considerar de un vistazo los puntos de interés más cercanos.
- **Rutas óptimas entre puntos del mapa.** Una vez seleccionado cierto punto de interés se puede elegir la opción de ir hasta allí desde la posición actual. De otro modo, una vez localizados en el mapa, podemos buscar el lugar al que queremos ir para recibir la ruta más rápida. De cualquier manera, el usuario recibe siempre la ruta optimizada en distancia para dirigirse de un punto a otro del mapa.
- **Guía en interiores.** ANVM hace las funciones de navegador GPS en entornos cerrados donde la señal de satélite no está disponible. Una vez seleccionados el inicio y destino, la ruta se mostrará sobreimpresa y se irá actualizando a medida que avanzamos.
- **Visualización de la aplicación en distintos idiomas.** Con el fin de poder llegar a una mayor comunidad de usuarios, ANVM - Mobile App cuenta con la ventaja de poder cambiar de idioma pudiendo seleccionar entre inglés, español y francés.
- **Visualización del lugar a través de panoramas cilíndricos.** Gracias a esta funcionalidad el usuario es capaz de familiarizarse con el entorno virtualizado a través de una navegación entre los diferentes panoramas cilíndricos que lo conforman.
- **Guía de ayuda en situaciones de emergencia.** Dada una situación de emergencia, la aplicación permite al usuario, mediante un acceso directo a esta característica, la posibilidad de localizarse en el mapa e indicarle la ruta óptima de evacuación a la salida de emergencia más próxima.

Capítulo 3

Requisitos

Este capítulo proporciona una vista general de la especificación de requisitos software del proyecto ANVM. En ella se describen los requerimientos no funcionales, las restricciones de diseño y otros factores necesarios para proporcionar una completa y comprensiva descripción de los requisitos del software. Todas las palabras y siglas que necesiten una mayor explicación están recogidas en el capítulo Glosario.

1. Requisitos software

A continuación se estudian las motivaciones iniciales a la hora de fraguar la idea con la que nació este proyecto y la necesidad que se vio en el mercado actual. Para ello se lleva a cabo un estudio previo analizando las inquietudes de la sociedad, dando como resultado la observación de un gran problema aún no resuelto: la localización en interiores.

1.1. Inquietudes

Las primeras inquietudes desde el principio siempre han estado encaminadas hacia el desarrollo de aplicaciones que cubrieran una necesidad que el mercado actual no contempla. Es por esta razón que se decide encaminar los estudios previos al campo de las nuevas tecnologías, más en concreto al ámbito de los dispositivos portátiles inteligentes. Dentro de este ámbito están incluidos smartphones, tablets, PDAs, navegadores GPS y Ultrabooks. Se trata de un campo en el que se están centrando ahora mismo una gran cantidad de desarrolladores, empresas y sectores. En la antigüedad, el usuario acudía al PC para consultar información, trabajar, o divertirse, ahora mismo es la información la que acude al usuario y al dispositivo portátil que siempre lleva consigo.

Con estas premisas el equipo se para a pensar sobre qué se echa de menos en estos pequeños ordenadores de bolsillo conocidos como smartphones, cuáles son sus puntos más fuertes y cuáles son sus carencias. Estos pros y contras quedan exhaustivamente descritos en el capítulo de Estado del arte y visión de esta memoria.

1.2. Problema: localización en interiores

La mayoría de dispositivos portátiles de última generación llevan incorporado un sensor GPS que es utilizado por diversas aplicaciones y funciones del aparato en cuestión. Más en concreto, dentro de los smartphones, es utilizado para las siguientes funciones:

- Mediante aplicaciones como Google Maps, es capaz de guiar al usuario hacia lugares que no conozca mediante indicaciones de voz o sobre la pantalla.

- Utiliza la posición actual del usuario a la hora de realizar búsquedas en internet, mostrando los resultados más cercanos.
- Mediante algunas aplicaciones puede mostrar los puntos de interés más cercanos a la posición del usuario, ya sean gasolineras, estaciones de metro, restaurantes o tiendas.

El sensor GPS se comunica con los satélites y permite conocer la ubicación del usuario con bastante precisión. El gran problema de la señal GPS es que en espacios cerrados pierde mucha cobertura llegando incluso a perder la conexión con el satélite por completo. Por lo tanto, la localización del usuario en interiores con este sistema no puede considerarse una opción a día de hoy.

No obstante, existen ciertas aproximaciones realizadas por triangulación utilizando las señales GPRS y Wifi. Sin embargo, distan mucho de la precisión necesaria en un entorno cerrado donde unos simples metros puede considerarse un error grande.

Por estas razones, este campo se considera de gran utilidad para la comunidad de usuarios con smartphones.

1.3. La alternativa: Kinect + posicionamiento

Tras lo dicho anteriormente, se investigan a fondo las posibilidades de localización en interiores, buscando alternativas lo más precisas posible. La opción más factible inicialmente era utilizar el sensor Kinect de Microsoft. Este aparato gracias a las dos cámaras y diferentes sensores que posee, es capaz de generar recreaciones en forma de nubes de puntos de entornos interiores y exteriores. Para conocer detalles más técnicos y una mayor profundización sobre este tema es recomendable acudir a la memoria del proyecto que se ha desarrollado en paralelo y que hemos mencionado anteriormente. Toda la información necesaria se encuentra en el capítulo de Investigación del proyecto ANVM - Virtual Mapping.

1.4. Mostrar información, 2D ó 3D

Con todo esto, la primera prueba a realizar es mover objetos 3D con librerías OpenGL, librería para producir y manejar gráficos tanto 2D como 3D, adaptadas para Android. Una vez probadas estas librerías, se puede apreciar la falta de potencia de los móviles, por lo que rápidamente se decide mostrar toda la información y el mapa en 2D. Esto lleva a investigar cómo cargar una imagen, cómo navegar por ella y sobre todo, cómo hacer zoom sobre ella. También resulta interesante tener todas las posibilidades de carga de imágenes, bien desde la web, desde la galería del teléfono o desde dentro de la propia aplicación, para posteriormente dividir la información que nuestra aplicación requeriría entre la misma y la nube. Para probar estas funcionalidades se han desarrollado prototipos como el que se describe a continuación.

Prototipo para la carga y visualización de imágenes en el teléfono

Como se ve en la figura 15, el prototipo creado tiene una interfaz muy básica pero cuenta con la funcionalidad exacta deseada, poder cargar imágenes de diferentes formas, desde la galería de fotos del propio dispositivo, desde internet o la nube, e incluso imágenes alojadas dentro de la propia aplicación. Se observa un ejemplo de carga de imagen almacenada dentro de la propia aplicación, cuya principal característica es su gran resolución (9449 x 4724 pixels), pues es necesario probar si la potencia de los terminales es suficiente para poder navegar por fotos con semejante resolución con fluidez. Se aprecia cómo en el zoom más alejado que Android permite realizar, el usuario es incapaz de ver la imagen entera, por lo que no puede tener una vista general de la misma. Esto es un claro inconveniente para el proyecto, pues no se puede visualizar un plano entero con una gran resolución.

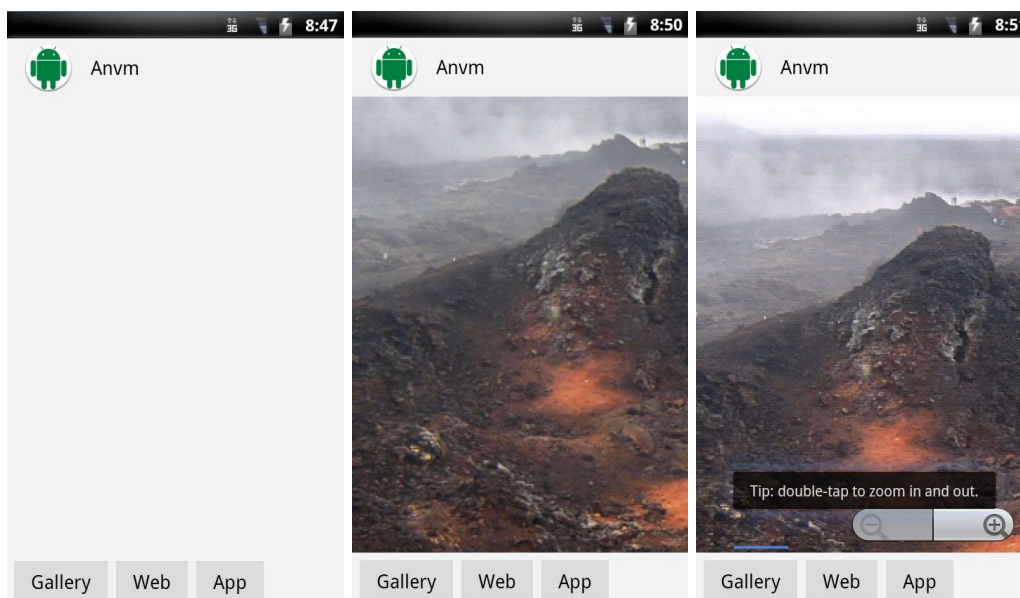


Figura 15: Menú aplicación

1.5. Las pruebas previas

Una vez seleccionado el tipo de sistema operativo móvil que se va a utilizar, Android, se realizan varias pruebas para observar hasta qué punto son los móviles capaces de mover esa cantidad de puntos recogida con el Kinect. Es necesario saber también si un móvil de gama media puede suplir las necesidades o si por el contrario se necesita un móvil de alta gama, lo que reduce enormemente la cuota de mercado. Se realizan pruebas creando pequeñas aplicaciones Android que prueben el tipo de funcionalidad necesario. Estas son algunas aplicaciones creadas para este fin:

- Carga de modelos 3D en el teléfono para comprobar la potencia gráfica de los terminales.
- Carga de imágenes de gran resolución desde la galería del móvil, internas en la propia aplicación y desde internet, incluyendo navegación y zoom sobre las

mismas. Esta prueba, mencionada con más detalle anteriormente, es la prueba que influyó en mayor medida en el diseño de la aplicación final.

- Navegación a través de fotos panorámicas con la librería PanoramaGL.
- Carga de imágenes desde la nube a través de internet empleando hilos.
- Reconocedor de códigos QR utilizando la librería ZBar.
- Reconocedor de códigos QR utilizando la librería ZXing.

1.6. Dificultades encontradas

En esta sección se realiza un análisis de todas las dificultades encontradas a la hora de realizar este proyecto, entre las que destacamos la potencia de los smartphones actuales y los diferentes tamaños de pantalla de los mismos.

Potencia de los smartphones

Como se ha comentado en la sección anterior, uno de los primeros problemas con los que se enfrenta el grupo de desarrollo es la potencia de procesamiento que requerían algunas funciones, en contraposición a la escasa potencia de algunos smartphones del mercado. Si se quiere obtener una aplicación que sea compatible con muchas gamas de teléfonos, es necesario desarrollar un software lo más eficiente posible y que no estuviese restringido a un pequeño abanico de terminales de gama alta. Es por esta razón, por la que se ha decidido utilizar la técnica de tilear imágenes.

Diferentes tamaños de pantalla

Un gran inconveniente de desarrollar una aplicación para Android respecto de iOS, es la enorme cantidad de dispositivos móviles que existen en el mercado actual que utilizan este sistema operativo. La existencia de tantos terminales lleva consigo una gran diferencia entre pantallas que poseen unos con otros, desde la resolución hasta el tamaño de la misma. De este modo es posible encontrar terminales, de la misma compañía incluso, como el Sony Xperia U, con una pantalla de 3,5 pulgadas y una resolución de 480 x 854 pixels, o el Sony Xperia S, con una pantalla de 4,3 pulgadas y una resolución de 720 x 1280 pixels.

Este problema debe solventarse creando las interfaces de la aplicación para todas las medidas posibles de pantalla, aunque implementando dos o tres medidas estándar se abarca un gran abanico de terminales, o si es posible establecer todos los componentes de la aplicación con coordenadas relativas o proporcionales al tamaño y la resolución de la pantalla.

1.7. Conclusiones tras las primeras aproximaciones

Tras las numerosas investigaciones que se han realizado sobre el sistema operativo Android, se pueden sacar diversas conclusiones necesarias para el diseño e implementación de ANVM. Entre ellas podemos destacar:

- La potencia media que poseen los smartphones actuales debe ser un punto a tener en cuenta a la hora de incorporar funcionalidades y herramientas al proyecto que puedan hacer que se vea mermado el rendimiento de la aplicación.
- También hay que considerar la versión de Android utilizada ya que determinados dispositivos con algo más de tiempo no actualizan sus versiones de sistema operativo a las últimas que ha lanzado Google. Por ello, si se utilizan funcionalidades específicas de una versión muy actual, algunos dispositivos más antiguos podrían no ser compatibles.
- Los niveles de zoom que el sistema ofrece. Como se explica en las secciones anteriores las imágenes con mucha resolución no pueden ser visualizadas a tamaño completo en la pantalla del smartphone, por esta razón se debe este aspecto.
- La gestión de los archivos, ya sean desde la nube o desde la propia aplicación. Este tema está ligeramente relacionado con la potencia de los smartphones, ya que su capacidad de procesamiento no está al nivel de los ordenadores. Por este motivo es necesario cuidar la optimalidad y eficiencia de la gestión de archivos y datos para que ésta no afecte al uso de la aplicación.

Todo el proceso de investigación previo al desarrollo del producto final ha permitido a los desarrolladores familiarizarse con la estructura y el desarrollo en Android, necesarios para poder crear una sólida arquitectura sobre la que basarse para diseñar e implementar las aplicaciones que conforman ANVM.

2. Descripción general

En esta sección de los requisitos del sistema se describen los principales factores que afectan al producto, proporcionando un trasfondo para que en las siguientes secciones se definan con mayor claridad los requisitos.

2.1. Perspectiva del producto

La perspectiva del proyecto ANVM es la de conseguir llegar a todos aquellos clientes que deseen obtener una aplicación móvil mediante la cual sus usuarios, ya se trate por ejemplo de los de un aeropuerto, una universidad o un centro comercial, sean capaces de sentirse cómodos y capaces de llegar a cualquier destino dentro del recinto.

Por otro lado se pretende que el proyecto pueda llegar a dar soporte para personas con discapacidad. Esto es, que la aplicación móvil sea capaz de comunicarse con el usuario que es ciego mediante la voz, guiándole e indicándole paso a paso el recorrido que debe hacer para llegar a su destino.

Además de la finalidad informativa de un tinte más comercial, ANVM sirve también para la creación de planes de evacuación de los lugares virtualizados. A petición del cliente que solicita el servicio, se puede desarrollar una extensión que consiste en la visualización de las rutas de evacuación en el mismo mapa junto con iconos que representan escaleras y salidas. En caso de evacuación, mediante la pulsación de un botón en la pantalla y la posterior localización del usuario, la aplicación muestra dicha ruta sobre el mapa y reproduce las indicaciones.

2.2. Funcionalidades del producto

- Visualización del mapa de una gran superficie comercial o de servicios con varios niveles de zoom e iconos informativos.
- Búsqueda de puntos de interés de un complejo utilizando el nombre o etiquetas del sitio buscado.
- Localización dentro de dicho mapa mediante el escaneado de códigos QR.
- Obtención de rutas óptimas para desplazarse de un lugar a otro del complejo.
- Paseo virtual por el complejo mediante vistas panorámicas.
- Obtención de rutas de evacuación en caso de emergencia.

2.3. Características de los usuarios

Como se explica en el capítulo de Estado del arte y visión, dentro de los usuarios a los que está dirigida este sistema podemos distinguir dos tipos:

- **Organizaciones sin ánimo de lucro, PYMES y grandes empresas privadas o de servicios:** ANVM ofrece la posibilidad de promocionar su negocio mediante la utilización de una aplicación que incluya los puntos de interés del complejo en cuestión así como un mapa por el que el usuario de la aplicación móvil pueda ser guiado y una navegación virtual a través de panoramas.
- **Usuario final de la aplicación:** es aquel que utiliza la aplicación que integra el mapa y las funcionalidades comentadas en la sección anterior directamente en su smartphone. La aplicación para móviles de ANVM está dirigida a todo tipo de usuario que utilice smartphone y que además tenga algún tipo de relación con el complejo sobre el cuál se ha personalizado la aplicación.

2.4. Limitaciones

- **Limitaciones hardware:** la aplicación móvil necesita que el dispositivo en el que va a ser instalada y ejecutada cuente con al menos 512MB de memoria RAM, un procesador de 1Ghz y 7MB libres de espacio de almacenamiento. Además ANVM - Mobile App está optimizada para pantallas de un tamaño a partir de 3.5”.

- **Limitaciones software:** la aplicación móvil debe ser instalada en smartphones que tengan una versión de Android igual o superior a 4.0.3. Por otro lado, el desarrollador debe tener una máquina virtual de Java instalada con el JRE 1.6 para poder utilizar la herramienta Map Editor.

3. Requisitos específicos

Esta sección contiene todos los requisitos del software descritos con un nivel de detalle suficiente que permita:

- **A los desarrolladores:** diseñar un sistema acorde a estos requisitos.
- **A los probadores o testers:** realizar las pruebas necesarias para comprobar que se satisfacen estos requisitos.

En primer término se describen los requisitos que afectan a la funcionalidad, usabilidad, seguridad, rendimiento y compatibilidad. Después se definen las restricciones del diseño, los componentes adquiridos para el desarrollo y funcionamiento del sistema y las interfaces que forman ANVM.

3.1. Funcionalidad

Estos son los requisitos funcionales del proyecto ANVM. Se realiza una diferenciación entre las empresas u organizaciones y los usuarios finales. Las primeras, son los clientes que solicitan la herramienta en primer término y para cuyas necesidades se adapta el sistema. Los segundos, son los usuarios finales de la aplicación, aquellas personas que tienen algún tipo de relación con el entorno virtualizado y utilizan la herramienta que previamente ha sido personalizada.

Requisitos funcionales para organizaciones, grandes empresas y PYMES

1. El sistema debe proporcionar una virtualización del mapa adecuada con suficiente nivel de detalle al cliente para el cuál se está personalizando el software. El sistema debe adaptarse a todos los tipos de lugares que el cliente necesite virtualizar, ya sean interiores o exteriores. Además del mapa debe existir una base de datos en la que poder realizar búsquedas de puntos de interés y un conjunto de fotos panorámicas asociadas a estos puntos.
2. La herramienta para añadir la información al mapa virtualizado debe ser capaz de cargar el mapa y debe ofrecer la posibilidad de personalización para adaptarse a cualquier tipo de cliente perteneciente a cualquier sector. De esta manera tanto una empresa pública de servicios como una empresa privada que regenta un centro comercial puedan encontrar las opciones de personalización adecuadas a su problema.

Requisitos funcionales para el usuario final

1. El sistema debe poder localizar al usuario en el mapa virtualizado mediante el escaneado de un código QR. Estos códigos serán distribuidos en forma de pegatinas por todo el entorno. Cada uno de ellos alberga la información necesaria para la localización que es empleada por la aplicación móvil para conocer la posición exacta del usuario.
2. Debe ser capaz de cambiar el idioma de presentación de los menús si el usuario lo solicita desde la pantalla de inicio.
3. Cuando el usuario solicita conocer la ruta para desplazarse a algún lugar, dicha ruta debe ser óptima en distancia y debe mostrarse sobrescrita en el mapa del entorno.
4. El usuario debe poder realizar una visita virtual por el complejo mediante la navegación por los diferentes panoramas disponibles.

3.2. Usabilidad

El proyecto ANVM está diseñado para adaptarse a cualquier tipo de servicio que requieran los clientes, por ello la clase de usuarios finales que va a utilizar la aplicación puede variar bastante. Se ha realizado una diferenciación entre los dos tipos de perfiles de los clientes finales que pueden utilizar ANVM dependiendo del lugar virtualizado. Uno de ellos engloba los lugares en los que abundan las personas jóvenes y con inquietudes relacionadas con las nuevas tecnologías. Algunos ejemplos de lugares con este tipo de usuarios son las facultades y escuelas superiores. La otra, engloba a lugares como aeropuertos, museos o centros comerciales donde los usuarios pueden variar mucho en edad y pueden no estar tan relacionados con aplicaciones móviles.

Requisitos de uso para usuarios avanzados

Si por ejemplo se cuenta con una personalización de la Facultad de Informática de la UCM, como es el caso, los usuarios finales son personas jóvenes que están realizando unos estudios superiores en informática y que disponen de un conocimiento más o menos avanzado de las nuevas tecnologías. Estos clientes no tienen ningún tipo de problema al utilizar la aplicación de ANVM ya que se pueden familiarizar rápido con ella. Por lo tanto, en estos casos el sistema puede ser más directo en sus acciones y suponer cierto tipo de conocimiento y soltura por parte de los usuarios a la hora de utilizar las funcionalidades de ANVM en su smartphone.

Requisitos de uso para usuarios no familiarizados con las nuevas tecnologías

Por otro lado están las personalizaciones de lugares como un museo o un aeropuerto. A estos lugares acceden personas de todo tipo y edades, y no todas ellas están familiarizadas con las nuevas tecnologías. Incluso cabe la posibilidad de que algunas ni si quiera cuenten con smartphone. Para estos casos la aplicación personalizada debe tener una

mayor tutorización e información disponible al usuario. Se debe mostrar numerosos cuadros de ayuda que aporten consejos al usuario para el uso correcto de las funciones de ANVM. Además, en el propio lugar virtualizado se debe informar claramente y con cierto detalle que existe una aplicación disponible para smartphones que puede ayudar a lo largo de la visita al museo, por ejemplo. Esta información debe incluir los pasos a seguir para su descarga e instalación.

3.3. Seguridad

A continuación se tratan en esta sección los requisitos que afectan a la seguridad del sistema ANVM, tanto en su aplicación móvil como en su herramienta de edición de mapas.

Ausencia de errores críticos en el funcionamiento de ANVM - Mobile App

La propia experiencia de los desarrolladores como usuarios activos de aplicaciones y software para smartphones les ha hecho más conscientes si cabe de la importancia de la ausencia de errores en el código que afecten a la experiencia del usuario. Estas circunstancias pueden resultar fatales a la hora de que el usuario vuelva a utilizar la aplicación móvil en un futuro. Por ello el sistema debe estar libre de errores que provoquen la salida de la aplicación. Al tratarse de un software que está diseñado para Android, es de vital importancia que el sistema se comporte de manera correcta en distintas versiones del sistema operativo ya que existe cierto nivel de fragmentación en Android. Por ello, dentro de lo posible se debe abarcar el mayor número de versiones sin perder funcionalidades concretas.

Ausencia de errores críticos en el funcionamiento de ANVM - Map Editor

En lo que concierne a la aplicación de Java de decorado y marcado de información de los mapas virtuales, es importante resaltar que a pesar de que va a ser manipulada por gente preparada (en principio, los propios desarrolladores de ANVM) debe de estar libre también de cualquier tipo de error crítico sobre todo a la hora de almacenar la información, ya que sobre ella estará basada una buena parte del funcionamiento de la aplicación móvil. Errores en esta parte del proceso pueden poner en peligro la estabilidad del proceso entero ya que se trata del nexo de unión entre ambos sub-proyectos de ANVM (Virtual Mapping y Mobile App).

3.4. Rendimiento

Se analizan en esta sección algunos requisitos de rendimiento para determinadas funcionalidades de la aplicación en las que se requiere cierta cantidad de cálculos. En los capítulos de Software utilizado y Arquitectura y diseño de esta memoria están recogidas más en detalle las características concretas de las librerías que aquí se nombran.

Requisitos para el escaneado de códigos QR

En la aplicación para móviles se ha utilizado una librería para el escaneado de códigos QR de las más rápidas y eficientes del mercado, a pesar de tratarse de un software no comercial. Además, la información contenida en los códigos que tiene que ser interpretada por la aplicación es muy sencilla y escueta, para que los códigos no queden demasiado complejos y sean rápidamente reconocibles. Por lo tanto, el escaneado debe darse casi instantáneamente una vez se tenga enfocado el código en la cámara.

Requisitos para el tileado del mapa

El mapa del complejo virtualizado tiene una gran resolución y para poder ser cargado eficientemente y poder hacer zoom sobre él se ha utilizado el conjunto de clases TiledScrollView, y se ha tileado la imagen, es decir, se ha dividido en imágenes más pequeñas que juntas forma la imagen original. El usuario debe ser capaz de navegar a través del mapa realizando distintos niveles de zoom, y tanto las rutas como los puntos de interés que pueden llegar a mostrarse sobre él, deben ser cargados de una manera prácticamente inmediata gracias a las optimizaciones nombradas anteriormente.

Requisitos para la carga de imágenes panorámicas

Las imágenes panorámicas son de una resolución relativamente alta. Por ello no pueden ser almacenadas en la propia aplicación ya que se estaría desaprovechando gran cantidad de espacio de almacenamiento. Por esta razón se encuentran almacenadas en un servidor y por medio de una conexión a internet se descargan temporalmente en el teléfono para su posterior visualización. Por lo tanto, el usuario debe disponer de una conexión a internet vía Wifi o datos para la visualización de panoramas. La rapidez con la que se muestran depende directamente de la velocidad de transferencia de datos de la conexión.

3.5. Restricciones del diseño

En esta sección se van a tratar cada una de las restricciones del diseño que imponen los lenguajes de programación, librerías de clases y otro software que se ha utilizado en el sistema.

Restricciones del diseño de ANVM - Mobile App

Esta parte del proyecto incluye la aplicación para móviles desarrollada para el sistema operativo Android. Las interfaces y clases que implementan las funcionalidades de la aplicación están programadas en lenguaje Java. Ciertos componentes como el AndroidManifest, los layouts de las interfaces y los archivos que guardan la información obtenida del Map Editor son archivos XML.

Restricciones del diseño de ANVM - Map Editor

Toda la aplicación para el decorado y marcado de mapas está implementada en lenguaje Java. Los archivos en los que se almacena la información que posteriormente es leída por la aplicación móvil están en lenguaje XML.

3.6. Componentes adquiridos

Para el desarrollo del proyecto completo de ANVM han sido necesarios los siguientes componentes:

- **Sensor Kinect de Microsoft:** instalado en el robot empleado para la virtualización. Utilizado para la toma de datos. Coste 115€
- **Placa Arduino:** instalada en el robot empleado para la virtualización. Necesaria para la comunicación con el ordenador cuando se están recogiendo los datos en una virtualización. Coste 22€.
- **Encoders:** instalados en el robot empleado para la virtualización. Utilizados para calcular la distancia recorrida por el robot. Coste 8€.
- **Muelles especiales:** instalados en el robot empleado para la virtualización. Necesarios para el sistema de giro de las ruedas. Coste 5€.
- **Carro portátil:** empleado para sostener el arduino junto con el Kinect y los encoders instalados en las ruedas. Reutilizado, coste cero.
- **Sony Xperia S:** empleado para ejecutar las pruebas durante el desarrollo de la aplicación móvil. Coste 415€.
- **Samsung Galaxy R:** empleado para ejecutar las pruebas durante el desarrollo de la aplicación móvil. Coste 300€.
- **Sony Xperia U:** empleado para ejecutar las pruebas durante el desarrollo de la aplicación móvil. Coste 160€.

3.7. Interfaces

El proyecto ANVM cuenta con tres módulos distintos que han sido mencionados a lo largo de esta memoria en varias ocasiones. Cada uno de ellos tiene su propia interfaz de usuario que permite la interacción con el sistema.

Interfaz de usuario de ANVM - Mobile App

La interfaz de la aplicación móvil se caracteriza por un diseño sencillo y cómodo de utilizar. En primer lugar, tras la pantalla de presentación la primera interfaz que se presenta al usuario es el menú en el que elegir el lugar virtualizado en el que se encuentra. En esta pantalla aparecen todos los lugares para los que se ha realizado una personalización de la aplicación tal y como se observa en la figura 16. En este caso, al tratarse

de un proyecto académico de Sistemas Informáticos de algo menos de un año de duración y que ha sido compaginado con las obligaciones laborales y otras asignaturas de los desarrolladores, la aplicación cuenta únicamente con la Facultad de Informática. En esta personalización se ilustran las funcionalidades que fácilmente pueden ser aplicadas a las demás virtualizaciones. Además como se observa en la figura 16, en la parte superior de la pantalla se encuentran las banderas que al ser pulsadas cambian el idioma de toda la aplicación.



Figura 16: Menú principal y menú de FDI

Una vez elegido el lugar del que se quieren obtener los mapas, se muestra un nuevo menú con alternativas personalizado para este lugar como se muestra en la figura ???. Directamente desde esta interfaz el usuario tiene la posibilidad de:

- Puede ver el mapa virtualizado usando zoom y pulsar sobre los iconos de los puntos de interés para obtener más información sobre ellos o una ruta para ir allí. Se accede a ello pulsando sobre la imagen de la Facultad. Se pueden ver dos capturas de esta interfaz en la figura 17.
- Localizarse pulsando en el código QR.
- Buscar un punto de interés en la base de datos para posteriormente tener la opción de ver el panorama asociado a él pulsando sobre el botón de la parte inferior. En la figura 18 se puede ver una captura de la lista de puntos de interés ordenada sobre la que se está ejecutando una búsqueda y en esta misma figura se observa también la vista panorámica de un punto de interés.
- Visualizar la ruta de evacuación sobre el mapa pulsando sobre el botón SOS de la parte superior.

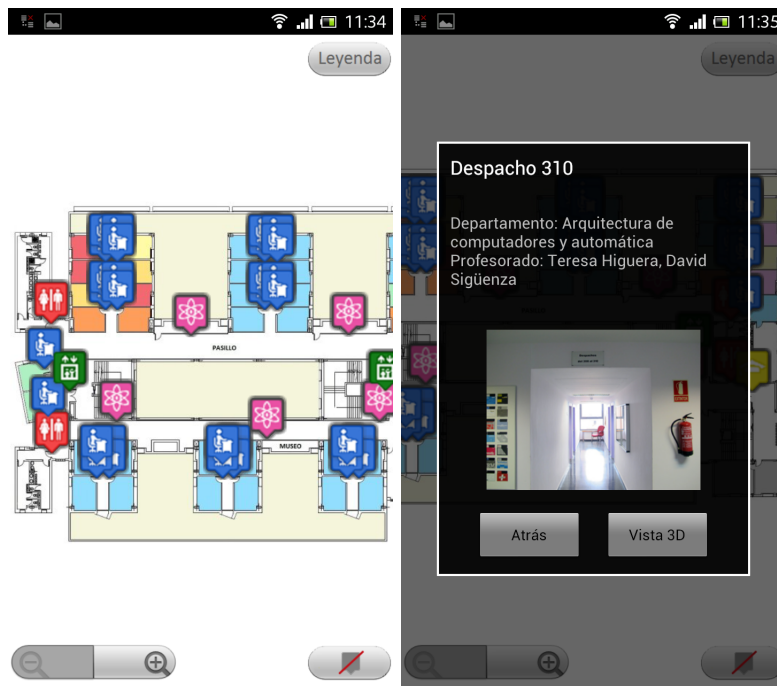


Figura 17: Interfaz de visualización del mapa

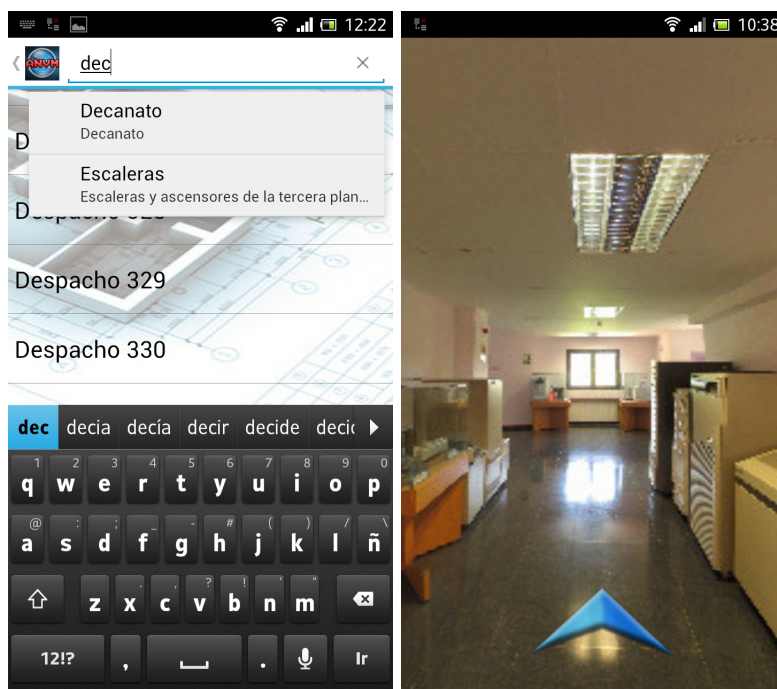


Figura 18: Interfaces asociadas a la búsqueda

Interfaz de usuario de ANVM - Map Editor

La interfaz de la herramienta Map Editor es una interfaz cómoda y agradable a la vista, pudiendo observar todos los elementos de nuestro mapa en un simple vistazo. De izquierda a derecha se observa primero el desplegable 'File' en donde se encuentran las

opciones de carga de un mapa, carga de información anterior, o bien el guardado de la misma. Debajo de este menú, se puede ver un listado de los puntos de interés que se encuentran actualmente cargados en la aplicación, y que se muestran en el mapa con un icono azul.

En el cuadro central se muestra el mapa que se está editando, siendo los iconos azules los puntos de interés como se ha mencionado anteriormente, los iconos verdes los nodos del grafo de distancias, las líneas verdes son las conexiones entre estos nodos, y las líneas rojas son las conexiones de los puntos de interés con su nodo del grafo correspondiente. Finalmente a mano derecha se observan dos pestañas, una es la de los puntos de interés (Info Nodes), en donde se ve la información del punto de interés seleccionado y en donde se puede editar o eliminar, y la otra pestaña muestra la información del nodo del grafo seleccionado en ese momento (Map Nodes), con las mismas funcionalidades de la pestaña anterior. Todos estos detalles pueden observarse en la figura 19.

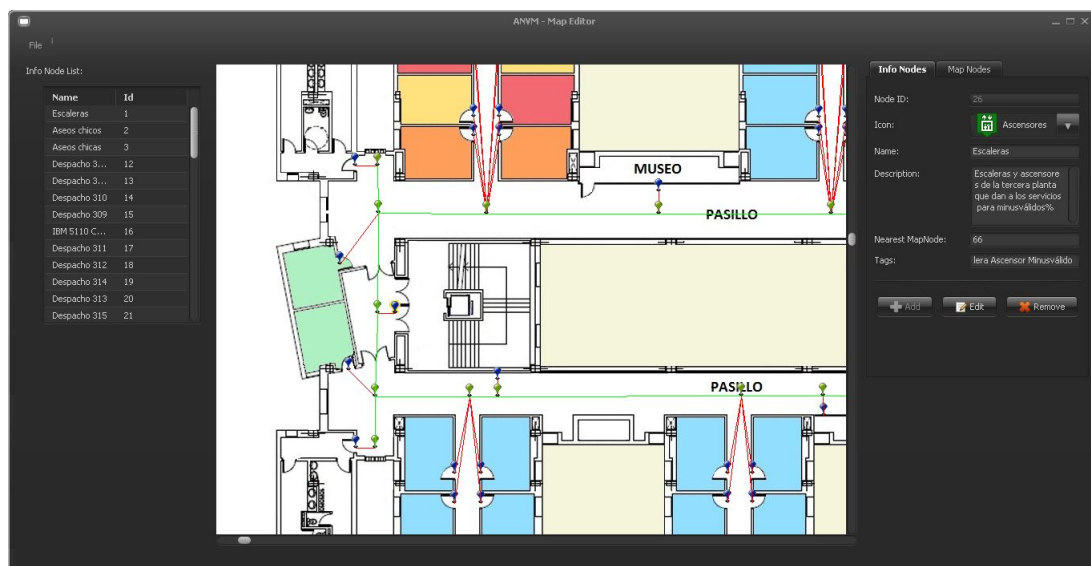


Figura 19: Herramienta Map Editor

Capítulo 4

Software utilizado

Tras la descripción de las consideraciones previas al desarrollo final de la aplicación descritas en el capítulo Requisitos , en este capítulo del documento quedan descritas todas las herramientas de software que se han empleado en la creación del proyecto ANVM - Mobile app, son las siguientes:

- MapTiler
- ZBar
- PanoramaGL
- Hugin

1. Tileador de imágenes: MapTiler

Por los motivos mencionados en el capítulo Requisitos, finalmente se decide utilizar la misma estrategia que emplea Google en sus mapas, tilear las imágenes. Esta técnica consiste en tomar una foto como origen y convertirla en numerosas imágenes más pequeñas (tiles) en donde cada imagen constituye una porción de la imagen origen. Esto da múltiples ventajas, como la de poder manejar la información de cada zona del mapa a nivel de tile, o la de poder ver el mapa entero con menor nivel de detalle, lo que libera enormemente los recursos del dispositivo. Para poder llevar a cabo esta tarea es necesario buscar herramientas adecuadas para este propósito. En primer lugar se considera la opción de usar un programa que permite generar los tiles con diferentes niveles de zoom a partir de la imagen fuente, pero desgraciadamente genera los tiles utilizando una estructura de datos conocida como kd-Tree (una estructura de datos de particionado del espacio). Esto complica mucho la tarea de reorganización de los tiles computacionalmente.

Descartado este primer tileador, se continua con la búsqueda y es así como se encuentra una herramienta llamada MapTiler que hace la función exacta requerida: tilear la imagen fuente en múltiples tiles en función del nivel de zoom, con una generación por filas de los tiles. Una restricción muy importante de esta herramienta es que los tiles resultantes forman imágenes cuadradas siempre, para cualquier nivel de zoom. Por este motivo se debe partir de una imagen origen cuadrada también o forzar a que sea cuadrada añadiendo márgenes o utilizando herramientas como Adobe Photoshop.

A través de las figuras 20, 21 y 22 se muestra todo el proceso de tileado y de las diferentes opciones del programa en sí.

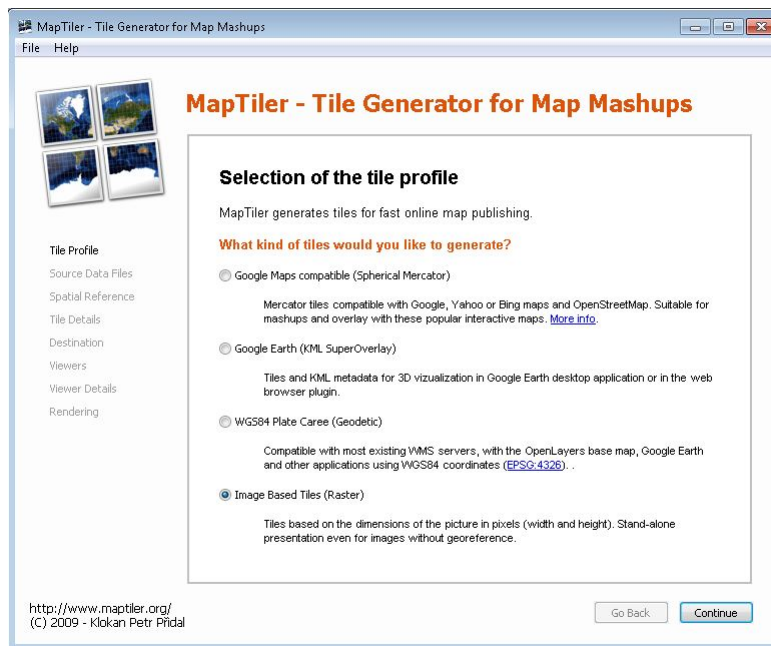


Figura 20: Menú de la herramienta MapTiler

A continuación se selecciona la imagen que se desea tilear y a través de los diferentes menús se debe ir eligiendo las diferentes opciones de tileado que el programa ofrece, desde elegir los diferentes niveles de zoom, insertando el primer nivel de zoom y el último, hasta el formato de salida de las imágenes tileadas, como son JPEG o PNG. En este caso se elige el formato JPEG puesto que, aunque se obtiene una calidad de imagen inferior a la del PNG, el tamaño de todas las imágenes generadas se reduce enormemente, y ello es necesario para que la aplicación móvil no ocupe demasiados MBs.

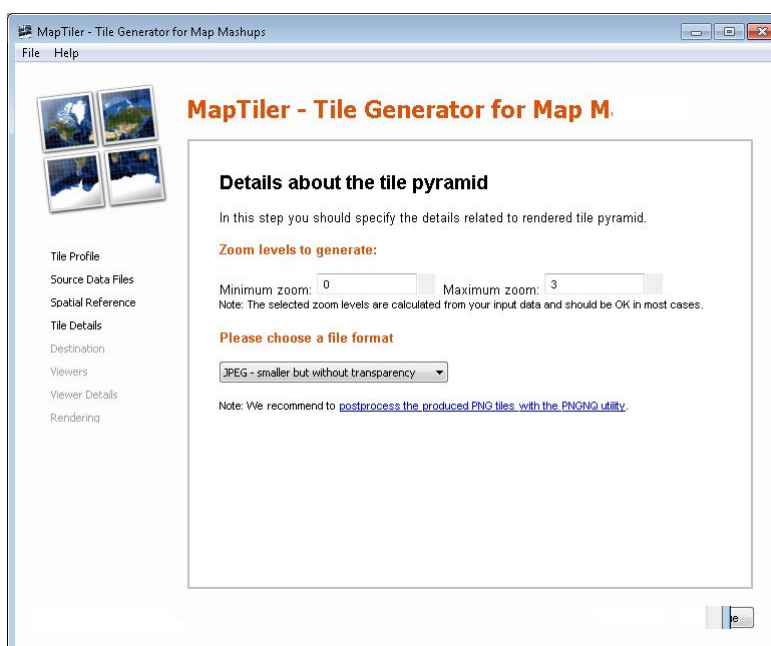


Figura 21: Parámetros de tileado

Finalmente lo único que queda por hacer es seleccionar la carpeta destino en donde se generan todos los tiles, y pulsar el botón 'Render'.



Figura 22: Final del proceso

A continuación se observa la imagen origen (figura 23) de la que se parte en este caso, el plano de la tercera planta de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid.



Figura 23: Plano de la tercera planta

Una vez aplicado el tileador a la imagen, se obtiene diferentes niveles de zoom, desde el zoom más pequeño que se selecciona en esta configuración, hasta el mayor nivel de

zoom, el cual tiene mayor detalle y por tanto un mayor número de tiles o imágenes. A continuación se muestra un nivel 2 de zoom y un nivel 3 de zoom a través de las figuras 24 y 25.

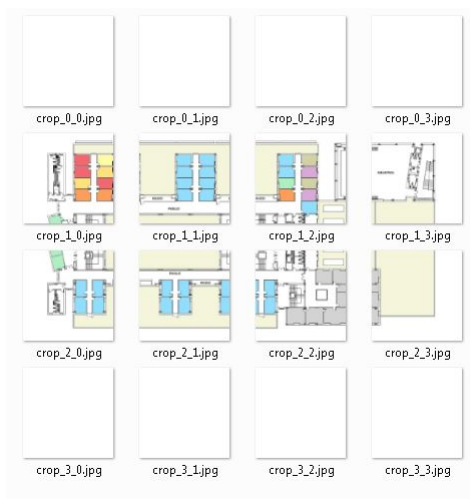


Figura 24: Zoom con nivel 1



Figura 25: Zoom con nivel 3.

Una vez generados todos los tiles, la herramienta MapTiler crea una distribución de carpetas en función de cada fila y cada columna respecto a los diferentes niveles de zoom. Esta funcionalidad supone un problema puesto que quedan todas las imágenes muy desordenadas y no se puede ver a simple vista como ha quedado los tiles como observamos en la figura 24 o en la figura 25. Por otro lado nombra todos los tiles de forma secuencial, empezando desde el '0.jpeg', por lo que también supone un problema a la hora de cargar todas las imágenes en la aplicación Android.

Para resolver todos estos problemas se ha implementado una aplicación sencilla en Java, compilada en un .jar llamada Parser.jar incluida en el CD adjunto a esta memoria, que permite renombrar todas las imágenes en función de la columna y de la fila a la que pertenecen, y en tantas carpetas como niveles de zoom se seleccione en el MapTiler, mostrado en la figura 21.

2. Reconocedor de códigos QR: ZBar

En paralelo al desarrollo del tileador, se llevó a cabo también una investigación sobre los reconocedores de códigos QR. Los códigos QR son matrices de puntos que almacenan información. En un principio se valora realizar un reconocedor elaborado por los propios alumnos, pero tras una investigación se decide que es más apropiado utilizar alguna librería de código libre que existiera, debido a que el proceso de reconocimiento lo componen un gran número de cálculos matemáticos complejos a los que es necesario dedicar mucho tiempo.

Las librerías que se consideraron son:

- **ZXing**: pronunciado “zebra crossing”, es una plataforma de código abierto para el escaneo de códigos en 1D y 2D. Está desarrollada en Java. Cuentan con una aplicación publicada en Google Play llamada Barcode Scanner. En la figura 26 podemos ver una captura de esta aplicación.
- **ZBar**: es un software de código abierto para escanear códigos. Es multiplataforma ya que cuenta con versiones para Linux/Unix, Windows, iOS y Android.

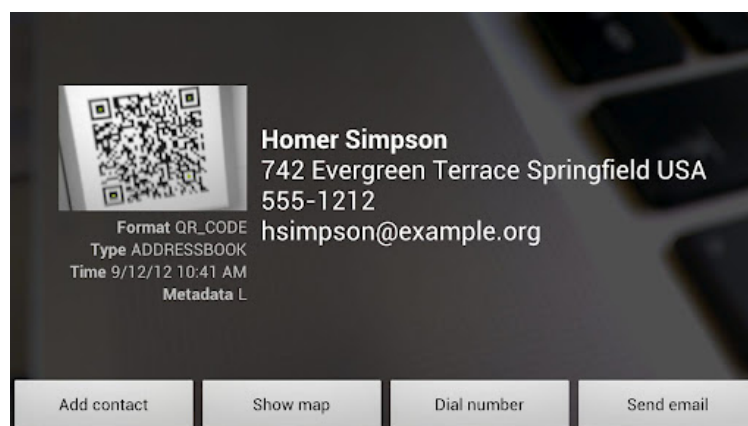


Figura 26: Captura de la aplicación Barcode Scanner

Finalmente se decide utilizar la segunda opción ya que el escaneo es ligeramente más rápido y sobre todo más fácil de integrar en el proyecto. Por lo tanto se desarrolla una pequeña aplicación utilizando la librería de ZBar cuya función es únicamente escanear códigos y mostrar el texto escaneado. Se puede ver una captura de esta aplicación en la figura 27. Esta librería está insertada en el proyecto de la app móvil de ANVM. La manera de tomar las imágenes de la cámara y descifrar los códigos QR es la misma que se proponía en el ejemplo, pero se ha variado el tratamiento de la información descifrada.

La aplicación Map Editor, desarrollada por los propios alumnos y de la que se hablará más en detalle en las siguientes secciones, crea un conjunto de códigos QR para cada MapNode (nodos que componen el grafo de distancias entre puntos de interés). Cada uno de estos códigos tiene cifrada una clave única que designa al MapNode concreto donde irá colocado el código QR. Al escanear por tanto uno de estos códigos, la aplicación muestra sobre el mapa el lugar exacto dónde se encuentra el usuario al escanear el código.



Figura 27: Captura de la aplicación de escaneo de QR

3. Panoramas

Como medio de representación de la zona virtualizada se ha optado por las imágenes panorámicas. Se pueden encontrar varios tipos de imágenes panorámicas, entre las que destacan: planas, cilíndricas, esféricas y cúbicas. Se puede ver en la figura 28 algunos de los tipos de panoramas que existen. Para el propósito que se necesita en este proyecto, el formato más adecuado es el cilíndrico, ya que su distorsión es reducida y se asemeja al campo visual humano, facilitando de este modo la localización espacial del usuario en el entorno.

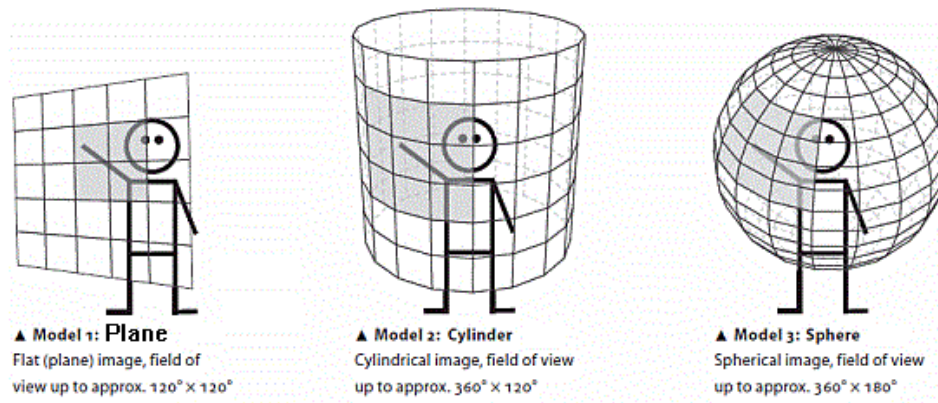


Figura 28: Tipos de panoramas comunes

3.1. Creador de panoramas: Hugin

Para obtener las imágenes panorámicas se ha empleado la técnica de “stitching” o punteado. Este procedimiento consiste, a grandes rasgos, en realizar una serie de fotografías solapadas, extraer puntos clave de cada una y mediante estos puntos unir toda la serie de imágenes en una sola. Este proceso no es trivial, ya que cambios de iluminación y distorsiones en las distintas imágenes complica la obtención de buenos panoramas. Para este proyecto se ha usado Hugin, un paquete de software libre que realiza esta tarea de forma muy efectiva. Los pasos a seguir para conseguir una imagen cilíndrica con Hugin son los siguientes:

1. En primer lugar es necesario tomar un gran número de fotografías del lugar sobre el que se quiere hacer el panorama. Estas fotografías han de tomarse con cierto sentido y sin arbitrariedad para que después Hugin sea capaz de juntarlas. Las fotos se deben tomar desde un punto fijo en el suelo siendo recomendable la utilización de un trípode. Una vez fijado este punto, se realizan 3 fotos por cada ángulo antes de girar hacia un lado. En la figura 29 se observa un ejemplo de este hecho. Se toman estas tres fotos sucesivamente hasta completar los 360° . Es muy importante no girar demasiado y conservar puntos en común entre fotos contiguas tanto en dirección vertical como horizontal. La cámara utilizada debe contar con una resolución aceptable (unos 10 megapixels mínimo) para conseguir mejores resultados.



Figura 29: Grupo de tres imágenes

2. Tras haber importado las imágenes captadas en el paso anterior en el PC, el paso siguiente es abrir el programa Hugin y continuar con él. Ya en Hugin, hay que cargar las imágenes utilizando el botón “Load images...” de la pestaña “Assistant”. Se abrirá el explorador de archivos y será necesario seleccionar todas las imágenes tal y como se ve en la figura 30.

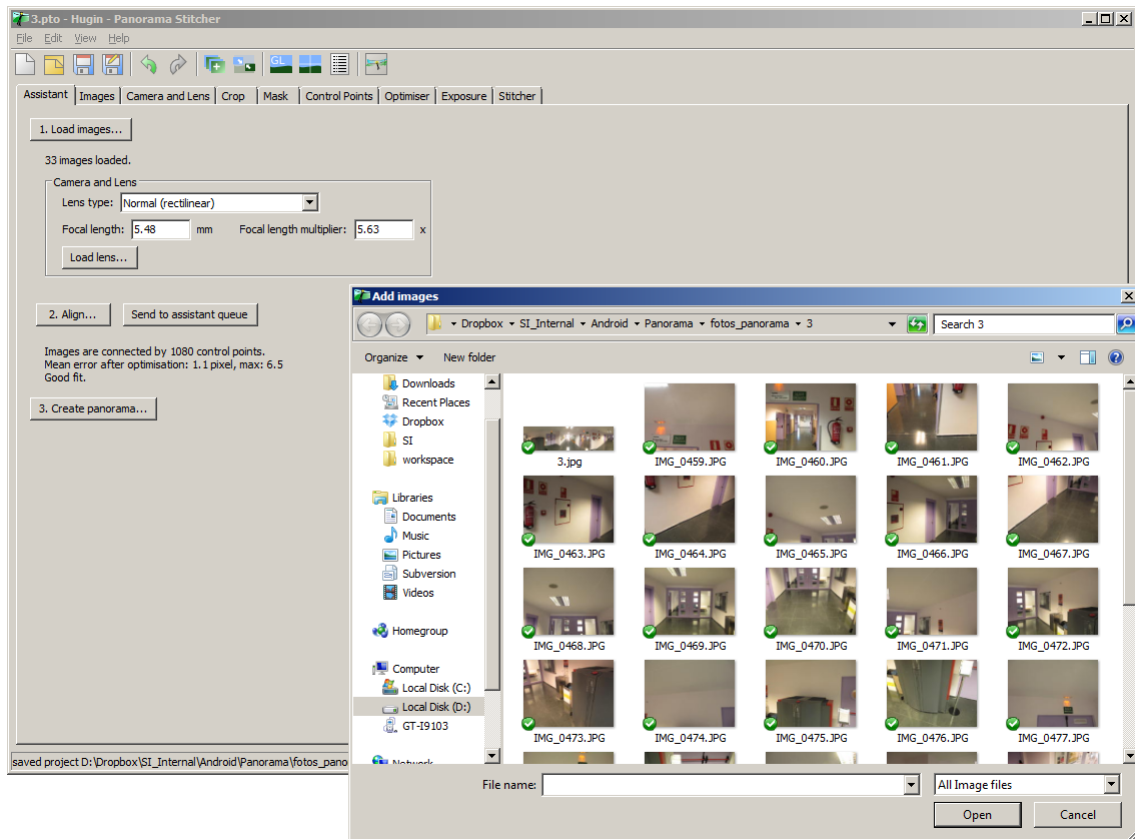


Figura 30: Carga de imágenes Hugin

3. Después de cargar las imágenes, el propio programa capta información como el tipo de objetivo empleado, la distancia focal y el multiplicador de distancia focal. El paso siguiente es entonces pulsar en el botón “Align...” para que Hugin busque los puntos en común entre las distintas fotografías como se muestra en la figura 31.

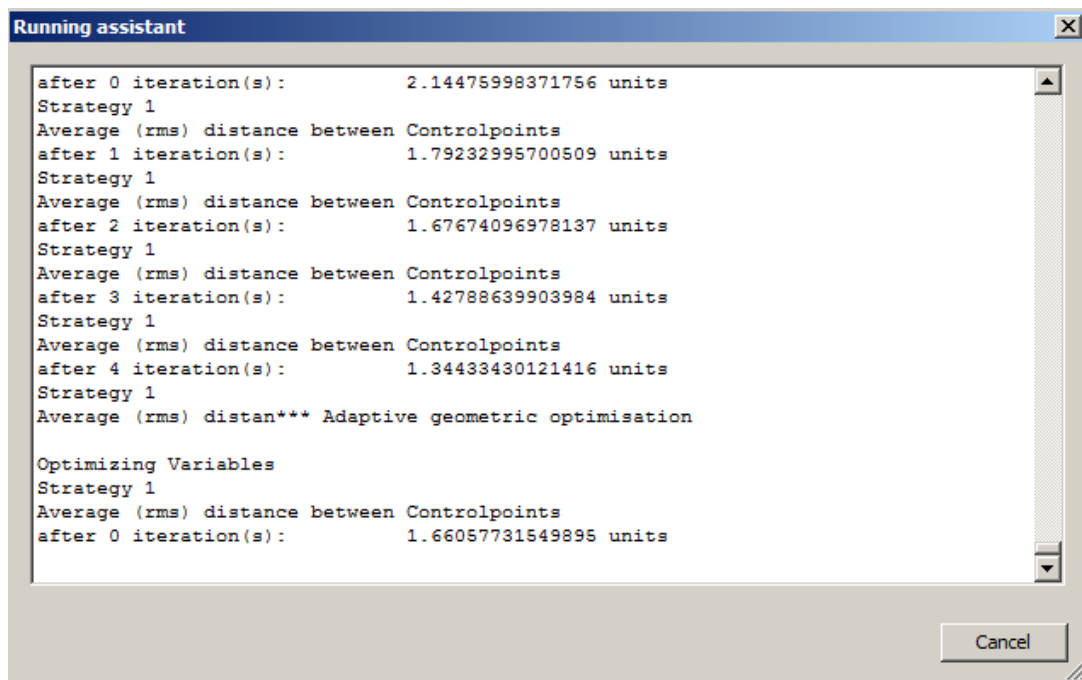


Figura 31: Alineamiento de imágenes con Hugin

- Una vez terminado el emparejamiento de imágenes inicial, Hugin muestra una nueva ventana con el panorama creado. Normalmente Hugin no es capaz de encontrar el panorama a la primera debido a distintos aspectos que pueden hacer que el reconocedor de puntos en común falle. Esto puede darse por falta de puntos en común entre las fotografías, cambios de iluminación entre imágenes contiguas o reflejos sobre cristales y otras superficies. En consecuencia debe ser el usuario el que ayude a Hugin a encontrar estos puntos. Al terminar el alineamiento, cuando no es capaz de encadenar todas las imágenes se muestra el mensaje que aparece en la figura 32, donde se ven los grupos que ha conseguido crear y en consecuencia dónde se debe centrar el usuario en encontrar los puntos que Hugin no pudo encontrar. Para este caso podemos ver que el salto se encuentra entre las fotos 14 y 15.

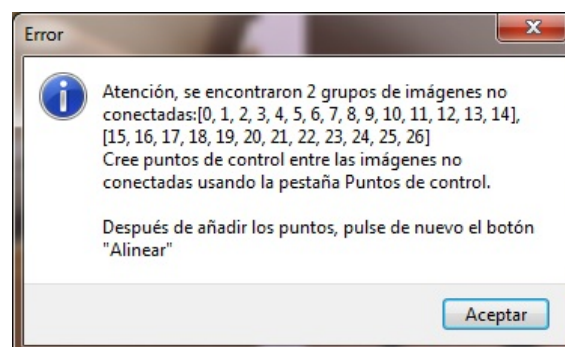


Figura 32: Grupos de imágenes en Hugin

- Para ayudar a Hugin a crear el panorama final es recomendable por lo tanto colocar algún punto en común entre fotografías de distintos grupos. En la figura

33 se pueden ver algunos puntos que ha encontrado Hugin junto con los que ha colocado el usuario.

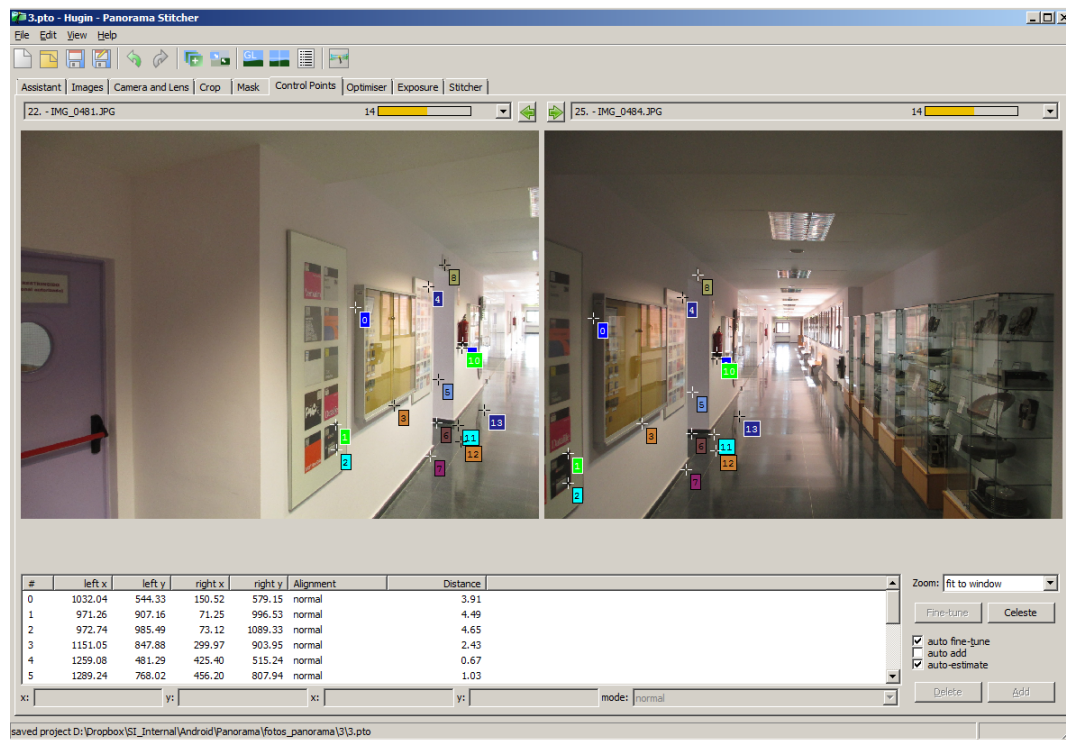


Figura 33: Colocación de puntos en común

- Tras haber colocado unos cuantos puntos de control más Hugin conseguirá unir todas las fotografías. En caso contrario, será necesario repetir el paso anterior hasta que así sea o repetir las fotos siendo más cuidadoso a la hora de hacerlas. Con el panorama ya creado como aparece en la figura 34, el siguiente paso a seguir es alinearlos para que la colocación automática de hotspots por parte de aplicación tenga éxito. Los hotspots son unas marcas que aparecen cuando se está navegando a través del panorama en el móvil, y que pulsando sobre ellos se va al siguiente panorama al estilo de la navegación con Google Street View o Google Art Project. En la figura 35 se puede ver el resultado después de la alineación. Para realizarla correctamente muchas veces es necesario visualizar como queda en la aplicación móvil.

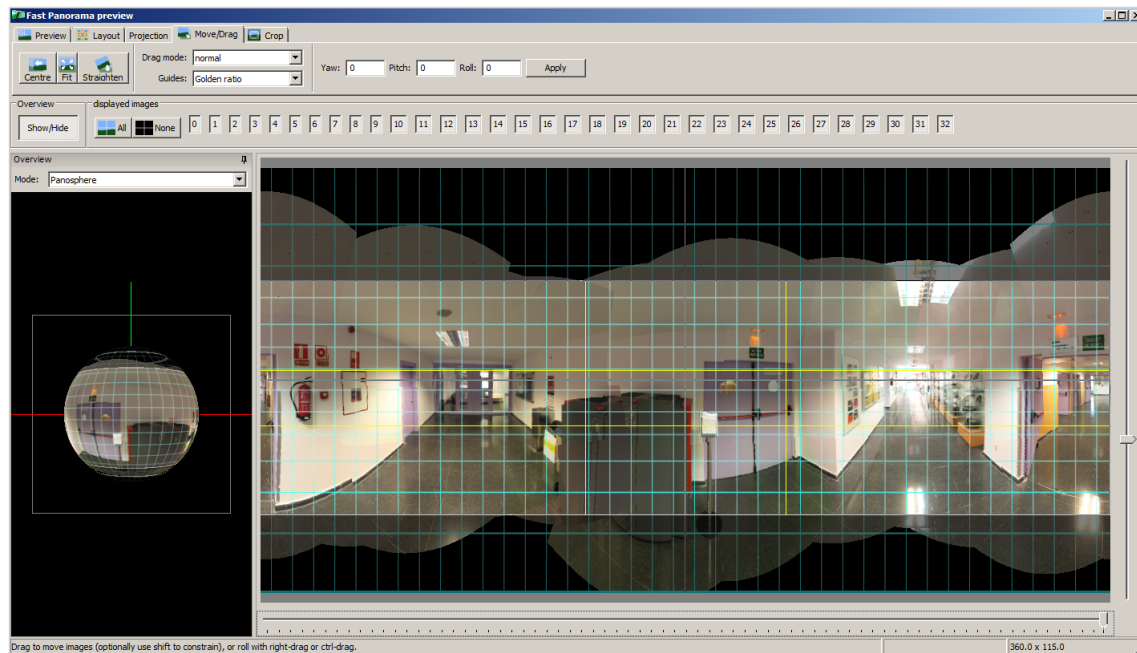


Figura 34: Panorama final sin alinear

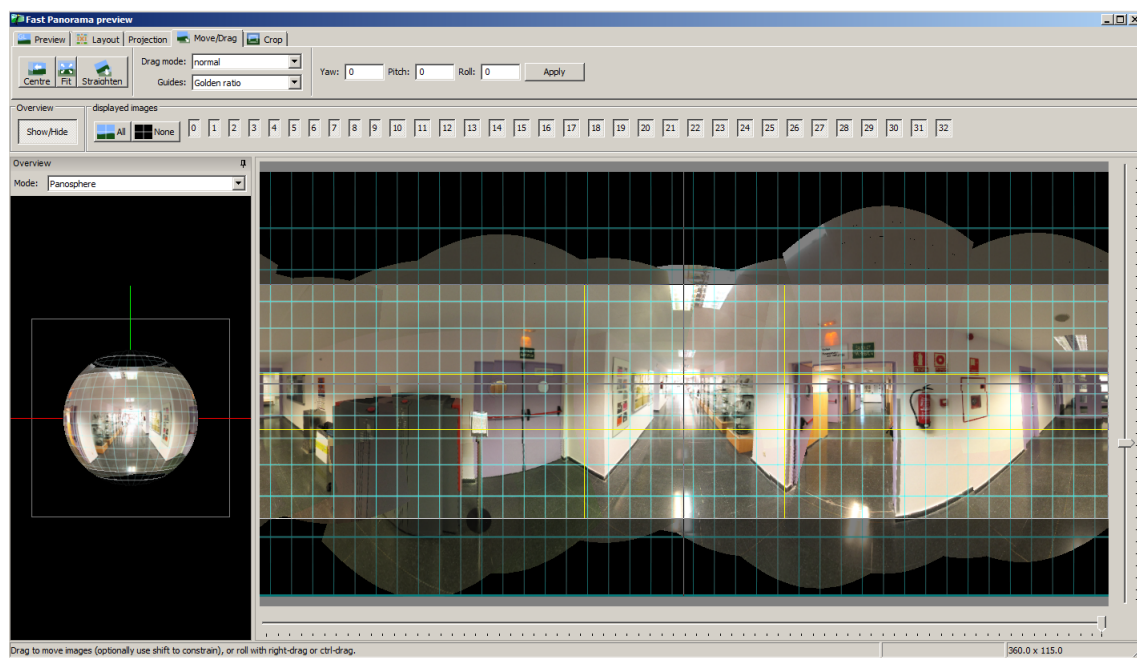


Figura 35: Panorama final alineado

- Una vez alineado el panorama se debe proceder con la exportación. En la pantalla de exportación se pueden elegir detalles del archivo final como el tipo de proyección, el campo de visión (field of view), la extensión del archivo, la resolución y otro gran número de opciones como se observa en la figura 36. Para los panoramas que se han realizado en este proyecto se ha elegido el tamaño 1024x512 por motivos de compatibilidad con la librería de visualización de panoramas en Android.

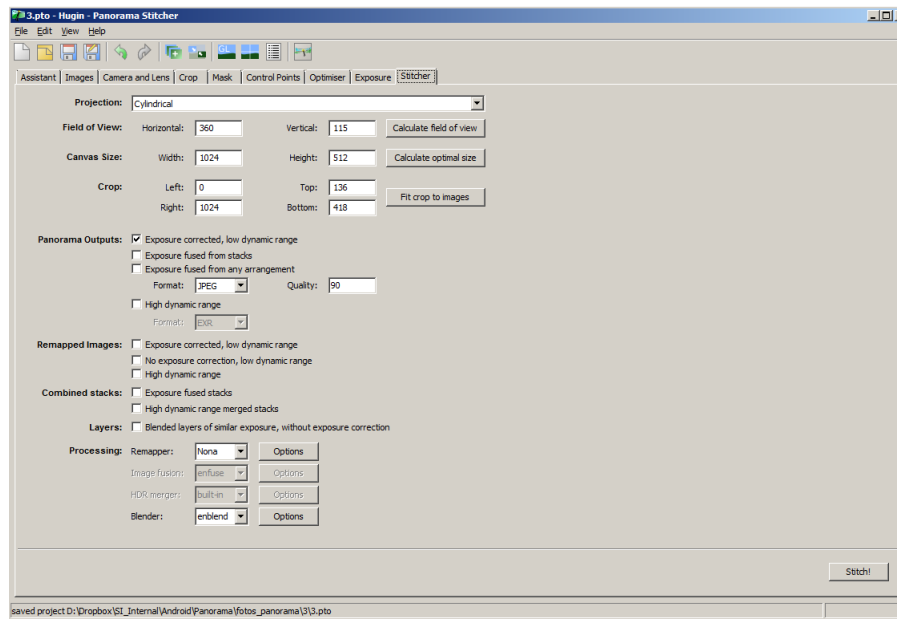


Figura 36: Configuración final del panorama

8. Una vez configurados todos los parámetros de salida para el panorama se pulsa en el botón “Stitch!” y el panorama pasará a la cola de trabajo como se muestra en la figura 37. En la carpeta donde se encuentran las imágenes utilizadas se habrán creado tres nuevos archivos. Uno de ellos el panorama final en el formato elegido, y los otros dos (.pto y .mk) guardarán el proyecto de Hugin para futuras ediciones del panorama en caso de ser necesarias.

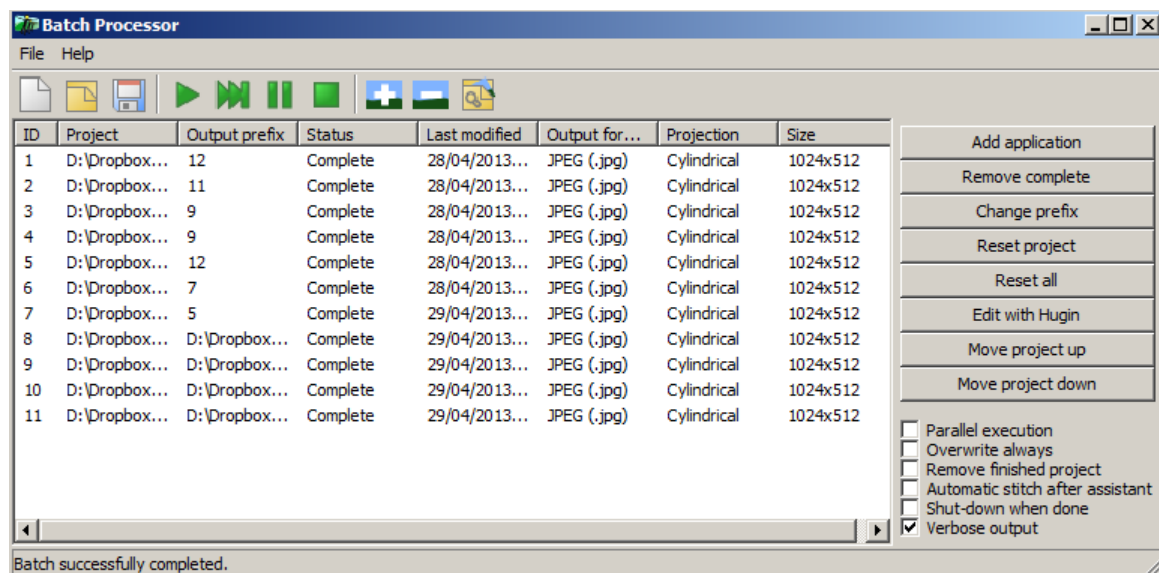


Figura 37: Cola de trabajo Hugin

3.2. Visualizador de panoramas: PanoramaGL

Para mostrar y navegar a través de estas imágenes panorámicas en dispositivos Android, se ha utilizado la librería PanoramaGL, una de las primeras librerías de código abierto destinadas a este fin. Destaca por utilizar aceleración gráfica (por medio de OpenGL-es), habilidad de detectar gestos y su reducido tamaño (unos 4MB). Las características y funcionalidades de este software son las siguientes:

- **Permite cargar distintos tipos de panoramas:**
 - **Esféricos:** es necesaria una imagen panorámica esférica. Permiten moverse en todas las direcciones empleando los gestos sobre la pantalla del teléfono. En la figura 39 se observa un ejemplo de este tipo de panoramas.
 - **Cúbicos:** son necesarias distintas fotos de todos los ángulos del panorama. La propia librería las une y las presenta como un panorama cilíndrico sobre el que se puede navegar empleando los gestos en la pantalla.
 - **Cilíndricos:** es necesaria una imagen cilíndrica creada previamente. Permite moverse sólo en dirección horizontal empleando gestos sobre la pantalla del smartphone. Para este proyecto se ha utilizado este último método debido al mejor manejo que tiene desde el smartphone. Las demás alternativas dan demasiada libertad de movimiento y puede llegar a ser confuso.
- **Permite la agregación de hotspots sobreimpresionados en las imágenes:** un hotspot es una marca que permite al usuario navegar por los panoramas al estilo de Google Art Project. Al pulsar sobre estas imágenes se carga el panorama siguiente al que está apuntando el hotspot. En la aplicación móvil de ANVM se han introducido algunas modificaciones en el tratamiento de hotspots. Estos son colocados de manera automática utilizando unos cálculos trigonométricos que tienen en cuenta la posición conocida de cada imagen panorámica en el mapa tal y como se describe en el capítulo Arquitectura y diseño . En la figura 38 se puede ver un ejemplo de un hotspot colocado en un panorama realizado en la Facultad de Informática.

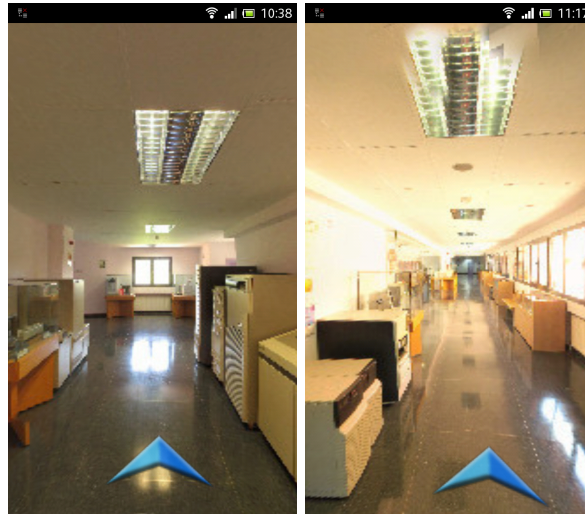


Figura 38: Panorama con un hotspot

- **Incluye controles de zoom para las imágenes:** bien a través de unos botones o utilizando gestos sobre la pantalla se puede realizar zoom sobre las imágenes.
- **Permite la carga de imágenes utilizando el protocolo JSON:** utilizado para cargar los parámetros de las imágenes automáticamente, de manera semejante a un archivo de configuración. Para este proyecto no se ha utilizado porque sería necesario tener un archivo de JSON para cada panorama y de esta manera no se podrían descargar de la nube de la manera que se está haciendo actualmente.

En la figura 39 se observa un ejemplo de uso de esta librería para un panorama esférico con un hotspot dibujado.

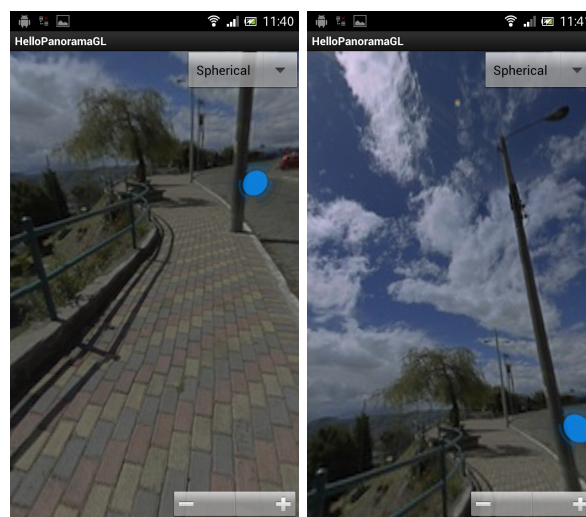


Figura 39: Panorama esférico

Capítulo 5

Casos de uso

En este capítulo de la memoria se describe cada uno de los fragmentos de funcionalidad del sistema en cuestión. Cada uno de estos fragmentos es denominado caso de uso, y en su conjunto forman el paquete de funcionalidades de ANVM. La arquitectura del sistema está basada en dichos casos de uso, lo que permite cierta modularización en el desarrollo. Estos casos de uso han sido diseñados para servir además de guía para las pruebas y test que se realicen por parte de los desarrolladores. Estos pueden probar la correcta funcionalidad del sistema habiendo aplicado las precondiciones, siguiendo el flujo de eventos y comprobando que tienen lugar las postcondiciones.

Al existir dos herramientas distintas que forman parte de este proyecto (Mobile App y Map Editor), se va a hacer una diferenciación clara entre ambas y sus casos de uso son descritos de manera separada.

En primer lugar, para cada una de las aplicaciones se presenta su diagrama de casos de uso con las relaciones que existen entre ellos y la interacción del usuario con los mismos. Más adelante se pasa a definir las precondiciones, postcondiciones y flujo de eventos de cada uno de ellos.

Todos los términos, expresiones, siglas o acrónimos que necesiten de una mayor profundización se encuentran recogidos en el capítulo Glosario.

1. Casos de uso Mobile App

En esta sección son presentados y descritos todos los casos de uso de la aplicación móvil del proyecto ANVM. En la figura 40 podemos ver el diagrama de casos de uso en el que se observan todas las relaciones que tienen entre sí y con el usuario. Como se ha comentado ya, la definición de cada caso de uso está estructurada de la siguiente manera: primero se hace una breve descripción que sitúe al lector en el ámbito del caso de uso. Después, se describe un posible flujo de eventos en el que el usuario interactúa con el sistema. Por último, se mencionan tanto las precondiciones como las postcondiciones para el caso uso que se esté tratando.

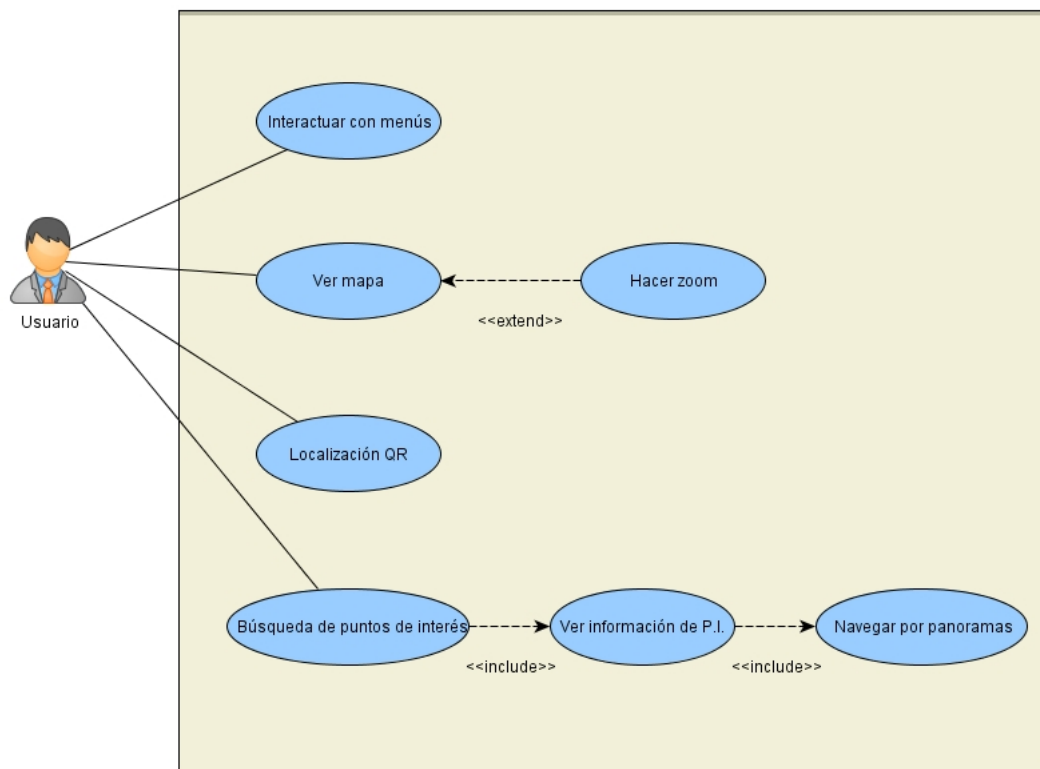


Figura 40: Diagrama de casos de uso Mobile App

1.1. Caso de uso Interactuar con menús

Este caso de uso cubre el conjunto de interacciones que el usuario (actor de este caso de uso) puede llevar a cabo con la interfaz de usuario de la aplicación. Dentro de estas interacciones se encuentra cambiar el idioma de la aplicación, seleccionar alguna de las funciones principales del menú inicial o volver hacia atrás a este mismo menú tras haber realizado alguna acción concreta. Las acciones que siguen al hecho de haber seleccionado otra función están recogidas en los casos de uso correspondientes.

Flujo básico de eventos

1. El usuario inicia la aplicación pulsando sobre el icono correspondiente en su smartphone.
2. El sistema lanza la app, inicializa los parámetros pertinentes, carga la información y muestra la pantalla de bienvenida durante unos segundos. Tras este periodo de tiempo, aparece el menú principal de la aplicación como se muestra en la primera imagen de la figura 41.
3. El usuario decide cambiar el idioma (por defecto está en español). Selecciona la opción inglés pulsando la bandera correspondiente situada en la esquina superior izquierda de la pantalla.

4. El sistema en respuesta carga de nuevo los textos en el idioma seleccionado por el usuario.
5. Tras la selección de idioma el usuario selecciona la personalización del aeropuerto de Barajas.
6. Como esta opción se trata de una extensión del sistema que aún no está implementada, se muestra una mensaje de aviso al usuario.
7. El usuario lo lee y lo acepta. A continuación, selecciona la personalización de la Facultad de Informática.
8. El sistema entonces pasa a una nueva interfaz que corresponde a esta personalización correspondiente a la segunda imagen de la figura 41.
9. Tras esto, el usuario elige la opción Mapa.
10. El sistema carga el mapa en la pantalla del teléfono. El conjunto de acciones que pueden llevarse a cabo en este punto están recogidas en el caso de uso Ver mapa de la siguiente sección.
11. Tras consultar y realizar algunas acciones, el usuario decide volver al menú principal pulsando el botón Atrás de su teléfono.
12. El sistema devuelve al primer plano el menú principal con el título y de nuevo las cuatro opciones principales disponibles para el usuario.



Figura 41: Menús de la aplicación

Precondiciones

- La aplicación tiene que haber sido descargada e instalada previamente en el smartphone del usuario.

Postcondiciones

- El sistema muestra los menús correspondientes a cada punto de la ejecución de acciones.
- Al pulsar la tecla Atrás del smartphone, siempre se vuelve al menú inmediatamente superior en la jerarquía. Esta jerarquía se construye a medida que se van lanzando las distintas interfaces con las que interactúa el usuario.

1.2. Caso de uso Ver mapa

El actor del caso de uso, en este caso el usuario de la aplicación, puede visualizar el mapa del lugar virtualizado en la pantalla del smartphone. Tiene la capacidad de hacer desplazamientos verticales y horizontales. En este mapa se muestra información como puntos de interés, rutas óptimas para ir de un lugar a otro o la localización del usuario tras haber escaneado un código QR entre otras.

Flujo básico de eventos

1. El usuario realiza alguna de las acciones recogidas en la sección Precondiciones para llegar al mapa. Para este flujo de eventos suponemos que el usuario ha elegido la opción Mapa del menú principal.
2. El sistema muestra una lista con las distintas plantas que hay en la Facultad de Informática como la que se ve en la primera imagen de la figura 42.
3. El usuario elige la tercera planta en la que se encuentran los despachos de la mayoría de los profesores y el museo. En caso de elegir alguna de las otras opciones, al tratarse de extensiones futuras, el sistema muestra un mensaje advirtiendo al usuario de este hecho.
4. El sistema muestra el mapa con un nivel de zoom inicial de 2. En él se visualizan los puntos de interés del lugar virtualizado.
5. El usuario tiene la posibilidad de variar el nivel de zoom del mapa pulsando los botones correspondientes alojados en la parte inferior de la pantalla o utilizando gestos sobre ella. En el caso de uso Hacer zoom de la sección 1.3 se recoge el flujo de eventos que afecta a estas acciones.
6. El usuario decide quitar los puntos de interés mediante el botón situado abajo a la derecha de la pantalla para poder ver el mapa sin los mismos.
7. El sistema oculta todos los puntos de interés y actualiza el icono para indicar al usuario que al pulsarlo vuelven a aparecer.
8. El usuario, desliza el dedo de derecha a izquierda por la pantalla para poder visualizar los extremos del mapa que quedan ocultos.
9. El sistema por tanto mueve la vista y aparecen tantos tiles nuevos, o porciones de mapa, como haya requerido el usuario con el gesto sobre la pantalla.

10. El usuario pulsa el botón leyenda para entender qué significan los iconos del mapa.
11. El sistema muestra la leyenda de dichos iconos. En la segunda imagen de la figura 42 se observa la leyenda.
12. En la parte que ahora queda descubierta, un punto de interés llama la atención al usuario y pulsa sobre él directamente.
13. El sistema en respuesta muestra dos opciones relacionadas con este punto de interés: Ver descripción e Ir Aquí. En la primera imagen de la figura 43 se puede ver una captura sobre esto.
14. El usuario elige entonces Ver descripción pulsando sobre el botón correspondiente.
15. El sistema muestra la descripción de dicho punto de interés en una pequeña ventana junto con una imagen y el nombre del punto de interés tal y como se aprecia en la segunda imagen de la figura 43.
16. Tras consultar la información el usuario pulsa el botón Atrás de su smartphone para volver al mapa de nuevo y poder seguir navegando por él.
17. Ahora el sistema muestra el mapa de nuevo en la misma situación que antes y con el mismo nivel de zoom.
18. Para una mejor visualización del mapa, el usuario gira el teléfono y lo coloca en horizontal.
19. El sistema por consiguiente cambia la orientación de la pantalla y el mapa y los muestra en horizontal como se puede ver en la figura 44.



Figura 42: Elección de planta y leyenda del mapa

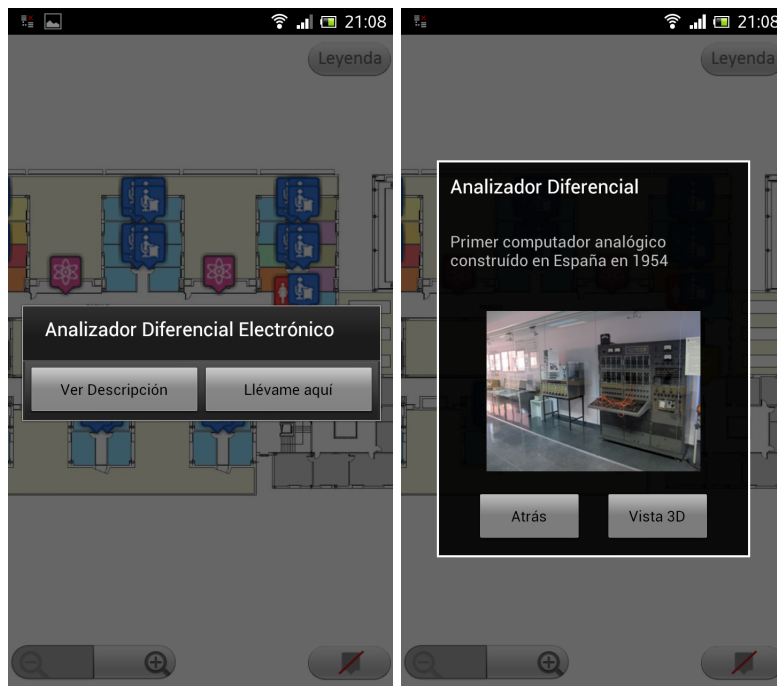


Figura 43: Información de un punto de interés



Figura 44: Mapa en horizontal

Precondiciones

- La aplicación debe haberse iniciado previamente.
- Para poder visualizar el mapa en horizontal, el usuario debe tener activada el giro automático de pantalla en su teléfono móvil.
- El usuario debe haber llegado al mapa de alguna de las siguientes maneras:
 - Desde el menú principal eligiendo la opción Mapa.
 - Tras haber sido localizado escaneando un código QR.
 - Tras haber solicitado la ruta óptima para ir de un punto de interés a otro.

- Desde el menú de información de un punto de interés, habiendo elegido la opción Vista 2D.

Postcondiciones

- Tras realizar desplazamientos sobre el mapa, en el caso de que no pueda ser mostrado totalmente en la pantalla, se deben cargar y mostrar claramente los tiles correspondientes a la zona descubierta por el desplazamiento. Cada tile es un fragmento en el que se divide el mapa para hacerlo más manejable al sistema. Con la carga de cada tile se carga también los puntos de interés o rutas que se encuentren en él.
- Al pulsar sobre un punto de interés y posteriormente sobre el botón de Ver descripción, se muestra en una pequeña ventana la descripción del mismo.
- Si el usuario gira la pantalla del smartphone automáticamente se cambia la orientación de la misma y se pasa a una vista horizontal.

1.3. Caso de uso Hacer zoom

En este caso de uso, el actor tiene la posibilidad de acercar la vista del mapa que está visualizando en el teléfono. De esta manera, se consigue un mayor nivel de detalle del mismo y una mayor precisión a la hora de pulsar sobre los iconos de los puntos de interés. Este caso de uso extiende la funcionalidad de Ver mapa. El zoom puede realizarse utilizando los botones correspondientes de la parte inferior de la pantalla o utilizando los gestos sobre la pantalla. De esta manera, el aumento de zoom se realiza separando los dos dedos y la disminución de zoom en sentido contrario, “pellizcando” la pantalla del smartphone.

Flujo básico de eventos

1. El usuario realiza alguna de las acciones recogidas en la sección 1.3 Precondiciones para llegar al mapa. Para este flujo de eventos suponemos que el usuario ha elegido la opción Mapa del menú principal.
2. El sistema muestra el mapa con un nivel de zoom inicial de 2. En él se visualizan los puntos de interés del lugar virtualizado.
3. El usuario decide realizar zoom para poder ver con más detalle alguna parte del mapa. Para ello pulsa el botón de Zoom+ situado en la parte inferior de la pantalla y representado por una lupa con un símbolo +.
4. El sistema muestra el mapa con un nivel de zoom mayor, ajustándose el tamaño de los tiles y los elementos dibujados sobre el mapa. En la figura 45 se observa una captura que ilustra la explicación.

5. Con este nuevo nivel de zoom, el usuario puede moverse por el mapa y realizar todas las acciones recogidas en el caso de uso Ver mapa. Tras esto, decide aumentar en varios niveles el zoom utilizando los gestos de los dedos.
6. De la misma manera que antes, el sistema muestra el mapa con un mayor nivel de zoom y todos los elementos se ven reajustados. Al ser el último nivel de zoom disponible para el usuario, el botón de Zoom+ ahora aparece sombreado y no es posible pulsarle más.
7. Tras esto, el usuario realiza gestos sobre la pantalla para disminuir el nivel de zoom.
8. En consecuencia el sistema muestra el mapa en el nivel de zoom inicial y reajusta los tamaños de los elementos.



Figura 45: Mayor nivel de zoom

Precondiciones

- La aplicación debe haberse iniciado previamente.
- El usuario debe haber llegado al mapa de alguna de las siguientes maneras:
 - Desde el menú principal eligiendo la opción Mapa.
 - Tras haber sido localizado escaneando un código QR.
 - Tras haber solicitado la ruta óptima para ir de un punto de interés a otro.
 - Desde el menú de información de un punto de interés, habiendo elegido la opción Vista 2D.

Postcondiciones

- Si el usuario ha realizado zoom hacia dentro, el sistema debe mostrar el mapa más de cerca y con un nivel de detalle mayor. Los elementos dibujados sobre él, como iconos, indicaciones o rutas deben adaptarse al nuevo tamaño, mostrándose más grandes que en el momento inicial.
- Si el usuario ha realizado zoom hacia fuera, el sistema debe mostrar el mapa de un punto de vista más alejado. De nuevo, los detalles dibujados sobre el mapa se adaptan, mostrándose en un tamaño menor.

1.4. Caso de uso Localización QR

El actor de este caso de uso, en este caso el usuario de la aplicación móvil, tiene la posibilidad de localizarse dentro del mapa virtualizado utilizando el escaneado de códigos QR. Empleando la cámara del teléfono, es posible descifrar la clave que contienen estos códigos de respuesta rápida. Esta clave se corresponde con un lugar en concreto del mapa virtualizado y es empleada por la app móvil para localizar al usuario dentro del mismo.

Además, el sistema da la posibilidad de recibir indicaciones para encontrar rápidamente la salida más cercana en caso de evacuación del edificio por emergencias.

Flujo básico de eventos

1. Una vez iniciada la aplicación el usuario puede llegar a localizarse bien desde el menú principal, o bien desde el menú de información de un punto de interés. Para cualquiera de los dos casos el flujo de eventos posterior es el mismo. Para esta vez suponemos que el usuario accedió a la localización desde el menú principal pulsando el botón ¡Localízame!.
2. El sistema muestra una nueva interfaz con un cuadro de información describiendo las instrucciones para la localización del usuario. El sistema también activa la cámara del teléfono y por detrás del cuadro se pueden ver las imágenes que recoge la cámara.
3. El usuario pulsa el botón OK del cuadro de información.
4. El sistema muestra la anterior interfaz ahora ya sin el cuadro informativo. Casi toda la pantalla es ocupada ahora por las imágenes que está recogiendo la cámara en tiempo real. En la parte inferior se muestra texto con instrucciones para el escaneado e información sobre las acciones que está realizando el sistema. En la figura 46 se observa una captura de esta funcionalidad.
5. El usuario ahora dirige la cámara hacia un código QR. Estos códigos están situados en puntos estratégicos para la localización.
6. Una vez que el código se encuentra dentro del campo de visión de la cámara, se procesa y descifra. Tras ello, se muestra el mapa del recinto sólo con el punto de interés correspondiente al escaneado.



Figura 46: Localización QR

Flujo alternativo de eventos

1. En una emergencia surgida en el complejo virtualizado en la que sea necesario evacuar el edificio, el usuario puede a través de su móvil recibir indicaciones para encontrar la salida. Para ello, inicia la aplicación y selecciona el complejo en el que se encuentra (para este caso, la Facultad de Informática).
2. El sistema muestra el menú principal de dicha personalización en el que se destaca un botón rojo de emergencias con el texto SOS como el que aparece en la segunda imagen de la figura 41.
3. El usuario pulsa dicho botón.
4. Automáticamente una voz explica lo que debe hacer el usuario a continuación para poder rápidamente encontrar la salida. Además se lanza la cámara y el escáner automático de códigos QR.
5. El siguiente paso por parte del usuario es localizar un código QR y capturarlo con la cámara.
6. A continuación, el sistema muestra el mapa con la posición actual del usuario, la posición en el mapa de la salida más cercana y la ruta más rápida que comunica ambos puntos. En la figura x puede verse una captura del mapa con esta información.



Figura 47: Ruta de evacuación

Precondiciones

- La aplicación debe haberse iniciado previamente.
- El smartphone debe contar con una cámara de fotos en funcionamiento para que sea posible el escaneado.
- Para poder recibir indicaciones de voz en caso de emergencia, el usuario debe tener activado el volumen multimedia de su móvil.
- El usuario debe haber seguido previamente uno de los siguientes pasos:
 - Desde el menú principal elegir la opción ¡Localízame!.
 - Desde el menú de información de un punto de interés elegir la opción Llévame aquí, y después seleccionar Escanear QR.
 - Para el caso de una emergencia, sólo tiene que pulsar el botón SOS del menú principal.

Postcondiciones

- Una vez escaneado el código QR el sistema muestra el mapa del recinto virtualizado y en él aparece únicamente dibujado el icono del punto de interés en el que se encuentra situado el usuario.
- En el caso de que se trate de una emergencia, en el mapa aparece la posición del usuario y la ruta más rápida hacia la salida.

1.5. Caso de uso Búsqueda de puntos de interés

Este caso de uso recoge el conjunto de acciones relacionadas con la búsqueda de puntos de interés del lugar virtualizado. El actor de este caso de uso es el usuario de la aplicación móvil. Este usuario tiene la capacidad de realizar búsquedas dentro de la base de datos de puntos de interés. Con ello se intenta conseguir que de una manera rápida y sencilla el usuario obtenga información, indicaciones o imágenes del punto de interés que necesite.

Flujo básico de eventos

1. Una vez el usuario haya pulsado el botón Buscar del menú principal, el sistema muestra la pantalla de búsqueda. En ella inicialmente se puede ver una lista de todos los puntos de interés del lugar como vemos en la primera imagen de la figura 48. Si el usuario pulsa cualquiera de los elementos de la lista, se pasa al flujo de acciones del caso de uso incluido en este apartado llamado Ver información de punto de interés.
2. El usuario realiza movimientos de scroll mediante el desplazamiento de los dedos por la pantalla en dirección vertical, recorriendo toda la lista de lugares.
3. El sistema en respuesta a estos gestos sobre la pantalla desplaza la lista hacia abajo mostrando nuevos puntos de interés.
4. Además de este scroll, también se pueden realizar búsquedas por etiquetas. Para ello el usuario debe pulsar el botón de búsqueda de su teléfono. En caso de no existir tal botón en su smartphone, puede acceder a la búsqueda pulsando el botón Menú/Opciones de su teléfono y después pulsando la lupa que aparece en la parte inferior de la pantalla.
5. El sistema a continuación muestra una barra superior de búsqueda.
6. El usuario escribe las primeras letras del punto de interés que está buscando. Para este caso supongamos que busca el Decanato de la Facultad e introduce las letras “dec”.
7. El sistema entonces muestra automáticamente las coincidencias por etiquetas asociadas a cada punto de interés para las letras “dec” como se observa en la segunda imagen de la figura 48.

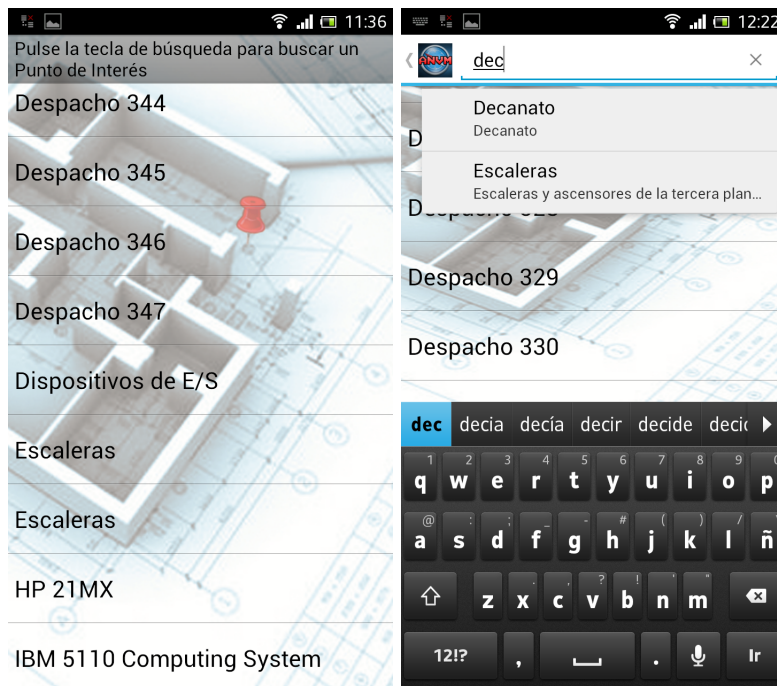


Figura 48: Lista de puntos de interés y búsqueda

Flujo alternativo de eventos

1. Tras el paso 7 del flujo básico de eventos, el usuario en vez de elegir directamente el punto de interés, elige la opción de buscar pulsando el botón Ir del teclado de pantalla.
2. El sistema, en respuesta, muestra una nueva interfaz con los resultados de la búsqueda.
3. De nuevo el usuario realiza scroll sobre la pantalla hasta llegar al punto de interés que busca para obtener información sobre él.

Precondiciones

- La aplicación debe haberse iniciado previamente.
- El usuario debe antes seleccionar la opción Buscar del menú principal.

Postcondiciones

- Tras realizar la búsqueda, el sistema muestra los resultados coincidentes con los caracteres que el usuario introdujo.

1.6. Caso de uso Ver información de punto de interés

El actor del caso de uso, en este caso el usuario de la app, tiene la capacidad de consultar la información de los puntos de interés (PI) del recinto virtualizado. En la personalización que se ha hecho de muestra de la tercera planta de la Facultad de Informática, los PI son lugares como despachos, el museo, los aseos, o las escaleras para subir y bajar de planta. Entre las posibilidades que se le ofrecen al usuario se encuentra la visualización de una pequeña descripción del PI, la consulta de la posición exacta del PI sobre el mapa, la obtención de imágenes panorámicas y, por último, la opción de dirigirse a dicho PI.

Flujo básico de eventos

1. El usuario pulsa un punto de interés (PI) sobre el que quiere obtener información.
2. El sistema muestra la interfaz de información de dicho PI. En ella aparece el título y la descripción del PI junto con tres botones: Vista 3D para ver la imagen panorámica, Vista 2D para ver el PI en el mapa 2D y Llévame aquí para que la aplicación calcule la ruta más rápida. En la figura x se puede ver una captura en la que aparece esta interfaz.
3. El usuario decide pulsar en la opción Vista 2D.
4. A continuación el sistema muestra el mapa de dos dimensiones con un único PI dibujado sobre él. El usuario puede llevar a cabo el conjunto de acciones recogidas en el caso de uso Ver mapa de la sección 1.2.
5. El usuario pulsa el botón atrás y vuelve a la interfaz de información del punto de interés. En ella pulsa el botón Vista 3D. La secuencia de acciones que se producen a continuación están recogidas en el caso de uso Navegación por panoramas de la sección 1.7.



Figura 49: Información de un punto de interés

Flujo alternativo de eventos

1. El usuario pulsa el botón Llévame aquí.
2. El sistema muestra un mensaje al usuario preguntándole sobre el punto de partida; bien un punto de interés a elegir por el usuario, o bien se ofrece la posibilidad de escanear un código QR para la localización concreta.
3. El usuario elige la opción escanear QR pulsando el botón correspondiente. En el caso de elegir la otra alternativa, el resultado para este caso de uso es el mismo, sólo cambia la manera de obtener la posición del usuario. Con el QR es de manera automática y eligiendo un PI de la lista es de manera manual.
4. El sistema entonces carga la interfaz para el escaneado de códigos QR.
5. El usuario sigue ahora los pasos que se recogen en el caso de uso Localización QR de la sección 1.4.
6. Tras el escaneado del QR, el sistema muestra un mensaje al usuario informándole del icono que representa su posición.
7. El usuario acepta dicho mensaje.
8. El sistema a continuación muestra el mapa con la posición del usuario marcada con un icono verde, y la posición del punto de interés al que eligió dirigirse marcado con su icono correspondiente. Entre ambos se muestra la ruta más rápida para caminar de uno a otro, así como los PI que se encuentran a lo largo de la misma tal y como se observa en la figura 50.



Figura 50: Ruta para ir de un punto de interés a otro

Precondiciones

- La aplicación debe haberse iniciado previamente.
- El usuario debe haber seleccionado un PI de la lista de la manera en que se recoge en el caso de uso Búsqueda de puntos de interés de la sección 1.5.

Postcondiciones

- Para el flujo básico de eventos, al concluir la serie de pasos se muestra el mapa del lugar virtualizado con el punto de interés en cuestión dibujado sobre él.
- Para el flujo alternativo, tras concluir los pasos, el usuario visualiza en la pantalla el mapa del recinto con los dos puntos interés en cuestión y la ruta más rápida que une a ambos, además de los puntos de interés que se encuentran a lo largo de dicha ruta. Además el usuario tiene la capacidad de navegar por el mapa de igual manera que se recoge en el caso de uso Ver mapa de la sección 1.2.

1.7. Caso de uso Navegar por panoramas

El actor de este caso de uso, en este caso el usuario de la aplicación, tiene la posibilidad de navegar por el entorno virtualizado a través de fotografías panorámicas cilíndricas. Cada punto de interés está asociado a una foto de este tipo con el objetivo de que el usuario puede reconocer el lugar a través de su smartphone antes de dirigirse allí. Además, puede hacer un recorrido virtual por estas fotos utilizando las flechas (hotspots) que aparecen sobreimpresionadas en los panoramas. Este caso de uso está incluido en el caso de uso anterior llamado Ver información de punto de interés.

Flujo básico de eventos

1. El usuario accede a la navegación panorámica pulsando el botón Vista 3D desde la descripción de un punto de interés en el mapa o desde el menú de información de

- punto de interés. Para este caso concreto se supone que el usuario quiere visualizar el panorama del despacho 323.
2. En respuesta a esta acción el sistema carga la vista panorámica de este punto de interés. Se descarga la imagen de un servidor en la nube usando la conexión a internet del smartphone y la muestra a pantalla completa sobre el mismo tal y como se aprecia en las capturas de la figura 51.
 3. Una vez cargada la imagen, el usuario utiliza los gestos sobre la pantalla para desplazarse hacia la derecha en el panorama. En las capturas de la figura 51 de nuevo se pueden ver ilustradas estas acciones.
 4. El sistema entonces muestra la parte derecha del panorama hacia donde el usuario deslizó el dedo.
 5. El usuario realiza zoom con los dedos sobre la pantalla para visualizar mejor algún detalle del mismo.
 6. El sistema acerca la vista en respuesta a la acción del usuario.
 7. Tras hacer un zoom hacia atrás y volver a la vista de origen, el usuario se dirige al siguiente panorama pulsando sobre la flecha que se encuentra sobre el suelo.
 8. El sistema entonces carga el siguiente panorama en el que se encuentran los servicios, el despacho 321 y el acceso a las escaleras y ascensores. Desde este panorama se observa el anterior tal y como se aprecia en la figura 52.
 9. De nuevo el usuario puede reproducir alguna de las acciones mencionadas anteriormente, o dirigirse al siguiente panorama para continuar con la visita virtual. Una vez terminada la navegación, pulsa el botón Atrás de su móvil.
 10. El sistema carga entonces la interfaz desde la que el usuario pulsó Vista 3D.

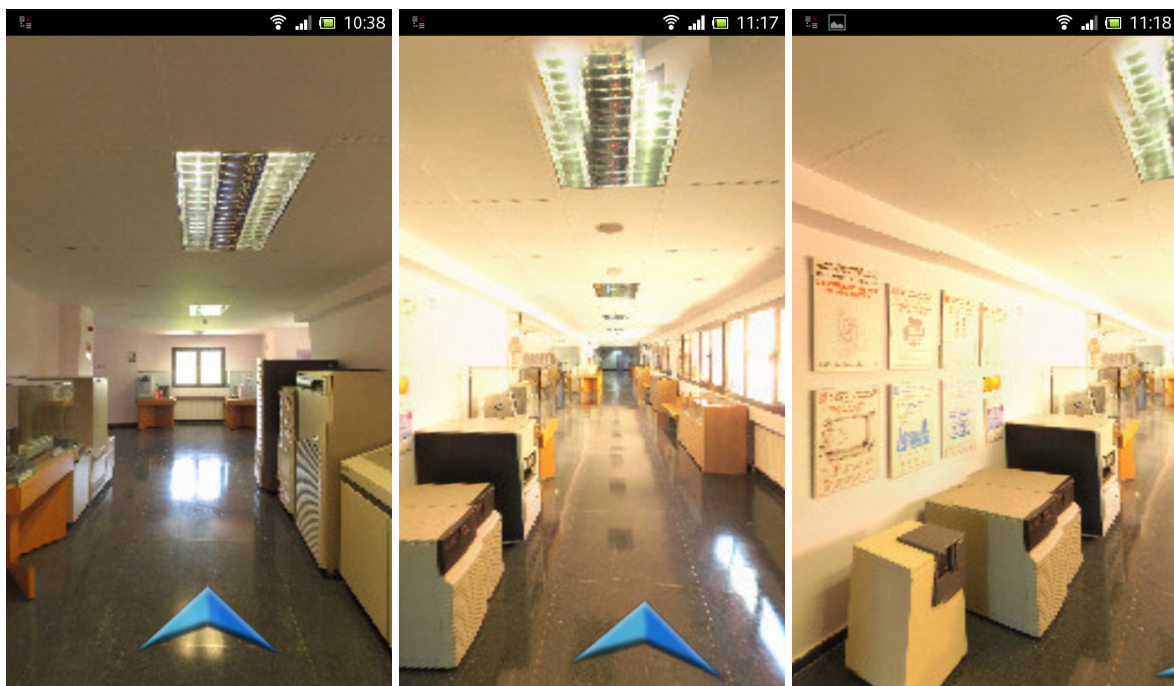


Figura 51: Panorama asociado al despacho 323

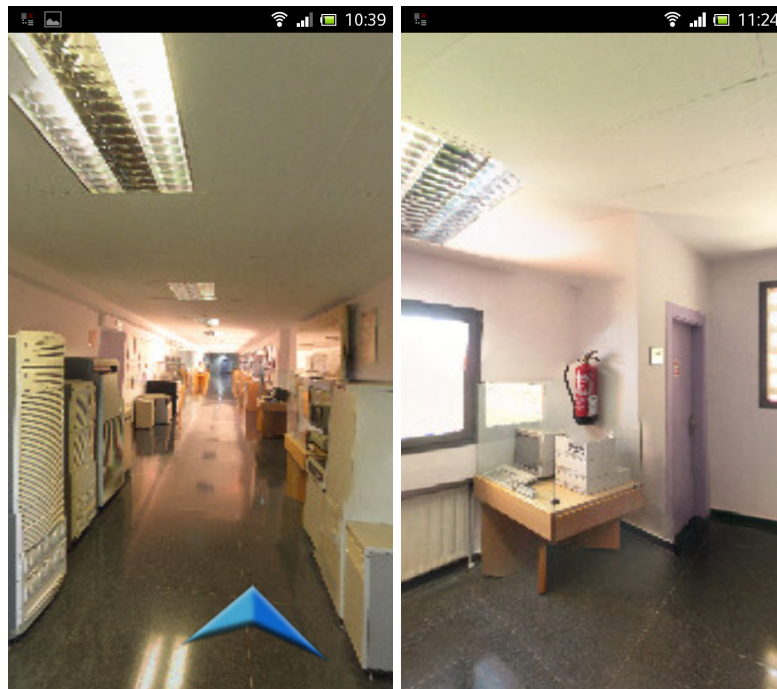


Figura 52: Panorama asociado al despacho 321 y los aseos

Precondiciones

- La aplicación debe haber sido iniciada previamente
- El usuario debe haber seleccionado Vista 3D desde el menú de información del punto de interés o desde el mensaje de información mostrado cuando pulsa sobre un punto de interés en el mapa.
- Las imágenes panorámicas son descargadas desde internet, por lo tanto el usuario debe contar con una conexión de datos o estar conectado a una red Wifi.

Postcondiciones

- El sistema carga las imágenes panorámicas asociadas al punto de interés que el usuario está consultando.
- Cuando el usuario pulsa sobre una flecha (hotspot) el sistema carga el nuevo panorama asociado a la dirección que indica la flecha.

2. Casos de uso Map Editor

En esta sección se describen cada uno de los casos de uso de la aplicación Map Editor. Esta aplicación de escritorio funciona como enlace entre los sub-proyectos que forman ANVM. Es la encargada de procesar los mapas que son construidos por el proyecto Virtual Mapping. Les añade información de los puntos de interés (infoNodes) y los puntos

de situación en el mapa (mapNodes). Cada infoNode representa un punto de interés dentro del recinto virtualizado, y además tienen una conexión con el mapNode más cercano. Los mapNodes están situados en lugares estratégicos del mapa que abarquen cierto número de infoNodes. El conjunto de mapNodes forman un grafo que es utilizado por la aplicación móvil para el cálculo óptimo de distancias. En la figura 53 podemos ver el diagrama de casos de uso de Map Editor. En él se representan todas las relaciones que tienen entre sí los casos de uso y con los que interactúa directamente el usuario.

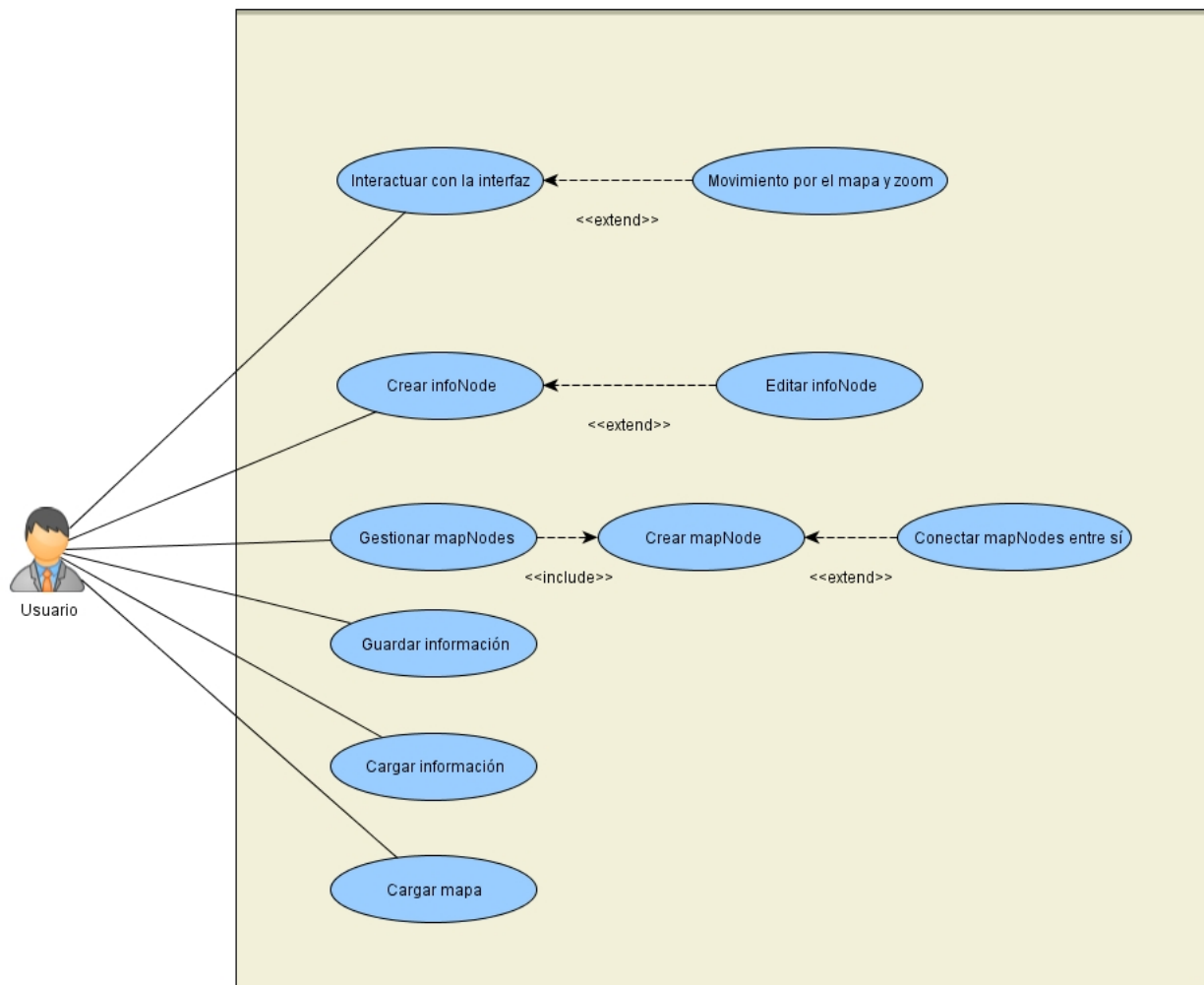


Figura 53: Diagrama de casos de uso Map Editor

2.1. Caso de uso Interactuar con la interfaz

Mediante este caso de uso, el actor, en este caso el usuario desarrollador, es capaz de interactuar con la interfaz, lo que le permite consultar la información de los mapNode o infoNode que haya creado hasta el momento o bien moverse por el mapa mediante el caso de uso 2.2 Movimiento por el mapa y zoom. Podemos observar la interfaz básica de la herramienta, sin un mapa cargado, en la figura 54.

Flujo básico de eventos

1. El usuario pulsa sobre las pestañas Info Nodes o Map Nodes en función de la información que desee consultar.
2. El sistema muestra la pestaña con las diferentes opciones para los infoNodes o mapNodes.
3. El usuario selecciona un infoNode o un mapNode para ver la información de ese nodo en concreto.
4. El sistema rellena todos los atributos del infoNode o mapNode seleccionado.
5. El usuario se mueve o realiza zoom sobre el mapa mediante el caso de uso 2.2 Movimiento por el mapa y zoom que extiende de éste.

Precondiciones

- El usuario debe tener instalada la máquina virtual de Java.
- Para poder observar la interfaz del Map Editor debe tener instalado el JRE 6.
- Debe tener un mapa en formato JPG.
- Debe tener un fichero XML previamente generado con el caso de uso 2.8 Guardar información o datos introducidos en la misma sesión.

Postcondiciones

- El sistema es lo más cómodo, sencillo y eficaz posible. Muestra la información y ajusta el campo de visión y los elementos introducidos en función el movimiento y del nivel de zoom.

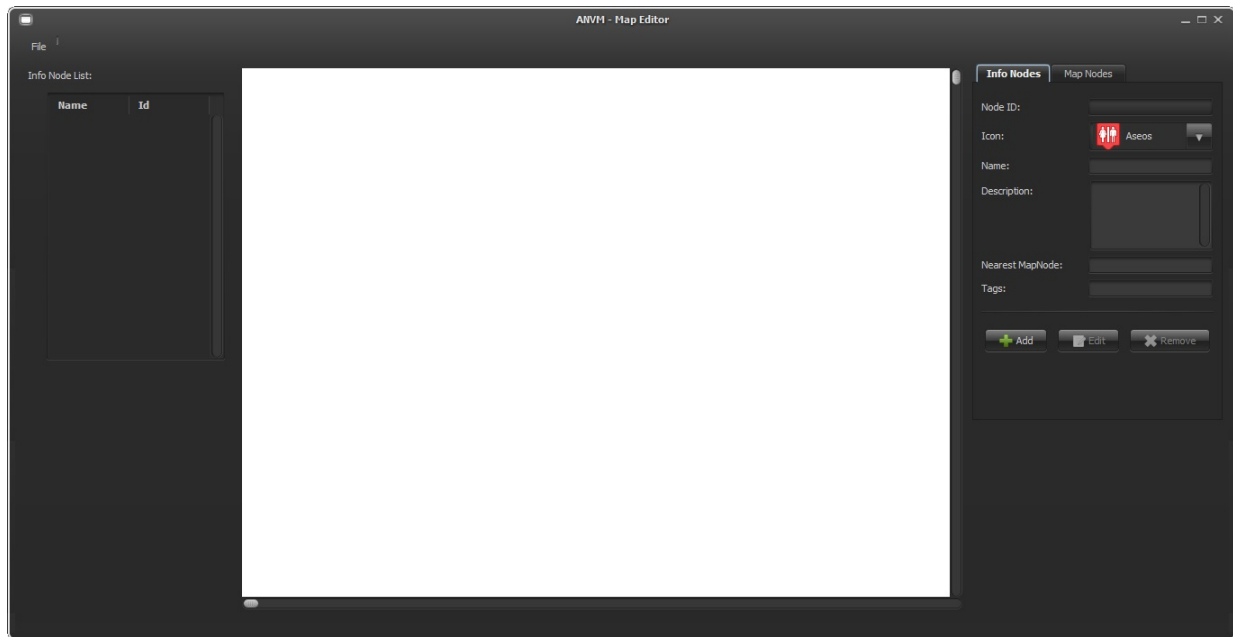


Figura 54: Interfaz MapEditor

2.2. Caso de uso Movimiento por el mapa y zoom

Este caso de uso extiende la funcionalidad del caso de uso Interactuar con la interfaz y permite al actor interactuar con el mapa pudiendo hacer zoom hacia dentro o hacia fuera en función del nivel de detalle que desee, obteniendo una mayor precisión de las coordenadas. Una vez aplicado el zoom, dependiendo del nivel de éste, el usuario puede desplazarse por el mapa en todas las direcciones para observar cada detalle del mapa o fijar puntos de interés con mayor exactitud.

Flujo básico de eventos

1. El usuario aplica zoom mediante la rueda del ratón.
2. El sistema reescala automáticamente la imagen y recalcula la posición de todos los elementos que en él aparecen.
3. A continuación para moverse por el mapa el usuario utiliza los scrolls situados a la derecha y debajo del mapa o bien lo agarra manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón, como se puede observar en la figura 55.
4. La herramienta muestra la porción de imagen correspondiente al movimiento realizado por el usuario.



Figura 55: Movimiento interfaz MapEditor

Precondiciones

- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.10 Cargar mapa.
- Debe tener un ratón con rueda conectado.

Postcondiciones

- El sistema aplica el zoom y permite mover el mapa reajustando los elementos que aparecen en él.

2.3. Caso de uso Crear infoNodes

Este caso de uso permite al usuario crear un punto de interés en las coordenadas que desee. Para ello debe completar la información sobre el punto de interés: seleccionar un tipo de icono dentro de una pequeña lista de posibilidades, un nombre y una breve descripción del punto de interés, establecer el mapNode cercano mediante el identificador del mismo y las etiquetas con las que posteriormente el usuario de la aplicación móvil pueda encontrar este infoNode.

Flujo básico de eventos

1. El usuario pulsa en una determinada posición del mapa.
2. Esto provoca que el sistema muestre un icono azul indicando que se va a crear un punto de interés en esas coordenadas, como puede observarse en la figura 56.

3. A continuación, el usuario rellena todos los campos necesarios para su creación, teniendo en cuenta por ejemplo que el campo Nearest MapNode debe de ser un identificador de un mapNode, es decir, un número. De no existir aún ningún mapNode, el sistema borra el identificador que el usuario ha introducido, permitiéndole posteriormente editarlo una vez se haya creado el mapNode. Esta última acción se recoge en el caso de uso 2.4 Editar infoNode que extiende la funcionalidad del que se está tratando.
4. Finalmente, si el usuario ha introducido bien todos los atributos, selecciona el botón Add para terminar de crear el punto de interés.
5. El sistema deja fijado el icono en la posición en la que el usuario creó el infoNode y lo incluye en la base de datos.

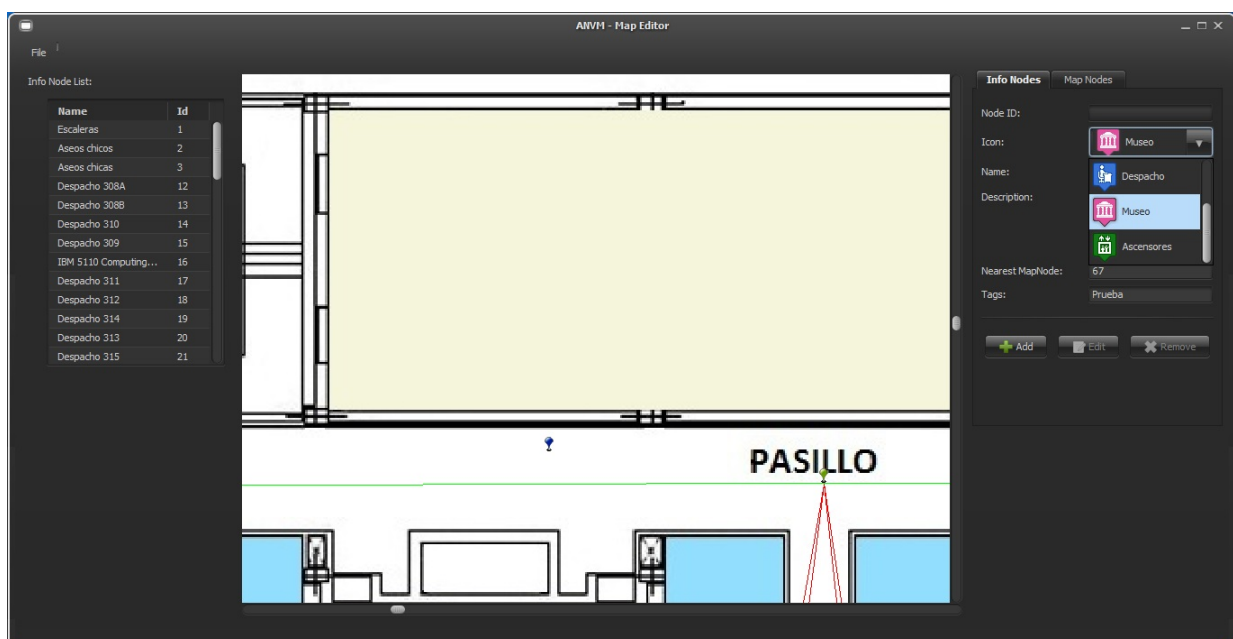


Figura 56: Crear infoNode

Precondiciones

- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.10 Cargar mapa.

Postcondiciones

- El sistema muestra un icono azul en la posición escogida por el usuario para indicar que existe un infoNode creado en esa posición. Al seleccionarlo el icono se ilumina y rellena los campos situados a la derecha con la información introducida por el usuario.
- El sistema controla que los campos sean rellenos con los valores adecuados.
- El sistema añade este infoNode a la base de datos.

2.4. Caso de uso Editar infoNode

Este caso de uso cubre todas las modificaciones que el usuario quiera realizar sobre un punto de interés que anteriormente creó. Estas modificaciones permiten al usuario cambiar el icono, el nombre, la descripción, las etiquetas y el mapNode asociado al infoNode, o bien asignarle uno, ya que éste último no lo había creado aún en el momento en que creó el punto de interés. Otra opción que ese caso de uso le aporta al usuario es la posibilidad de borrar el infoNode.

Flujo básico de eventos

1. Partiendo de haber creado un punto de interés previamente, el usuario lo selecciona en el mapa.
2. La herramienta cambia el icono del punto de interés para que el usuario vea claramente cuál es el que ha seleccionado. Por otro lado, automáticamente le muestra la información del infoNode en la pestaña correspondiente, habilitando los botones de Edit y Remove, como puede observarse en la figura 57.
3. El usuario selecciona el campo o los campos que desea modificar, como son icono, título, descripción o etiquetas, e introduce los nuevos valores.
4. Por último pulsa el botón Edit para grabar los cambios realizados.
5. Tras la edición, el usuario selecciona otro punto de interés.
6. El sistema de nuevo lo marca sobre el mapa.
7. El usuario decide borrarlo haciendo click en el botón correspondiente.
8. El sistema borra el icono y elimina el infoNode de la base de datos.

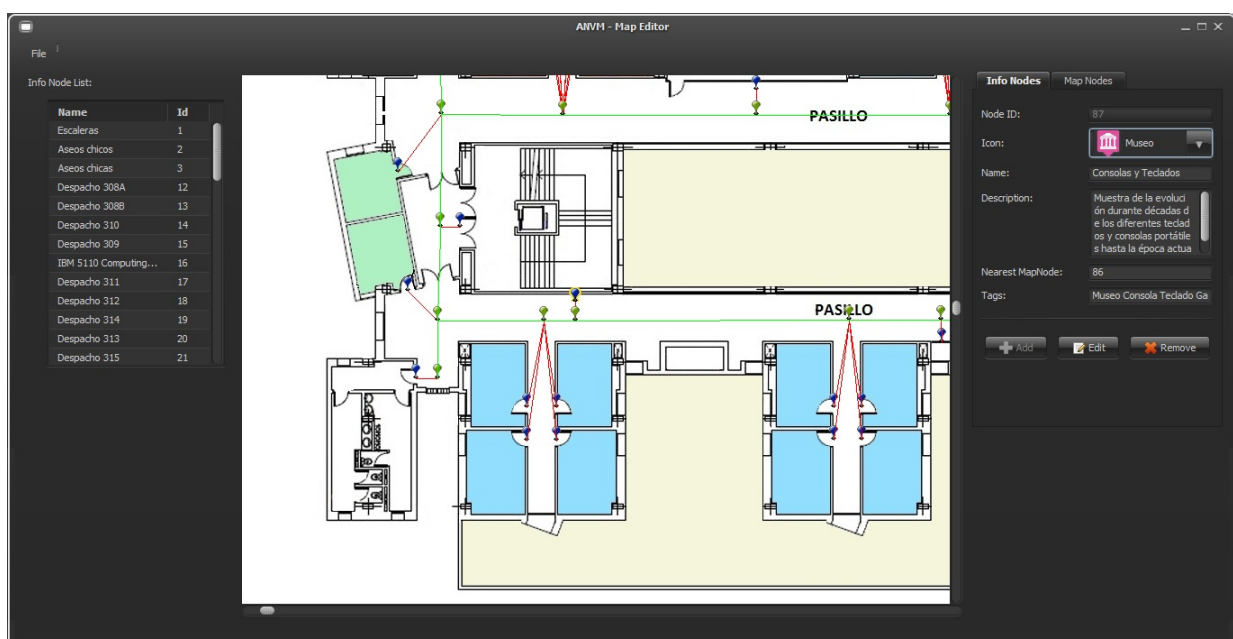


Figura 57: Editar infoNode

Precondiciones

- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.10 Cargar mapa.
- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.3 Crear infoNodes.

Postcondiciones

- El sistema almacena la nueva información sobre el punto de interés o lo borra en función de la decisión tomada por el actor.
- El sistema muestra la información modificada al seleccionar el nodo en cuestión.

2.5. Caso de uso Gestionar mapNode

Mediante este caso de uso, el usuario desarrollador es capaz de gestionar los mapNodes que tenga en ese momento creados. Esta gestión le permite observar las conexiones que contiene cada mapNode al seleccionarlo, como se recoge en el caso de uso 2.7 Conectar mapNodes entre sí, y la posibilidad de eliminarlo.

Flujo básico de eventos

1. El usuario selecciona cualquier mapNode que haya creado previamente.
2. El sistema cambia el icono del mapNode seleccionado indicando al usuario su elección, y habilita los botones Delete y Add/Delete.
3. A continuación el usuario decide modificar alguna conexión, acción que se recoge en el caso de uso 2.7 Conectar mapNodes entre sí.
4. Tras esto, el usuario elimina el mapNode, y automáticamente se eliminan todas las conexiones que este mapNode tuviese aún.
5. La herramienta lo elimina por consiguiente de la base de datos.

Precondiciones

- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.10 Cargar mapa.
- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.6 Crear mapNode.

Postcondiciones

- El sistema borra el mapNode y las conexiones que éste tuviese, o bien la conexión que el usuario indicó. Todos los cambios se ven reflejados en el mapa, gracias a los iconos que representan los mapNodes o las líneas verdes que representan las conexiones.

- El sistema guarda todos los cambios que el usuario realiza en la base de datos.

2.6. Caso de uso Crear mapNode

Con este caso de uso el actor es capaz de poder crear nuevos mapNodes. Esto le permite establecer el grafo de conexiones que posteriormente es empleado en la aplicación móvil para el cálculo de las rutas óptimas. El usuario no introduce ningún tipo de información sobre estos nodos, pero el sistema genera automáticamente unas coordenadas, un identificador único y una lista de conexiones inicialmente vacía.

Flujo básico de eventos

1. El usuario selecciona la pestaña Map Nodes.
2. A continuación pulsa en cualquier posición del mapa y el sistema muestra un icono verde que representa el mapNode.
3. Finalmente, para establecer un mapNode en esa posición, pulsa en el botón New.
4. El sistema almacena automáticamente el mapNode creado en la base de datos.

Precondiciones

- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.10 Cargar mapa.

Postcondiciones

- El sistema muestra un icono verde en el mapa que indica la existencia de un mapNode en esa posición. Si el usuario lo selecciona puede observar que el icono se ilumina y que el botón Delete se habilita por si desea eliminar ese nodo.

2.7. Caso de uso Conectar mapNodes entre sí

En este caso de uso, el actor tiene la posibilidad de conectar tantos mapNodes entre sí como desee, o de igual forma eliminar alguna conexión entre dos mapNodes. Estas conexiones forman el grafo que posteriormente el usuario de la aplicación móvil utiliza, sin conocimiento de ello, para obtener la ruta óptima hacia su destino.

Flujo básico de eventos

1. Primero el usuario debe seleccionar uno de los mapNode que previamente ha creado, como se observa en la figura 58.
2. La herramienta indica al usuario el mapNode escogido cambiando su icono.

3. A continuación selecciona el botón Add/Delete.
4. Finalmente escoge otro mapNode con el cual quiere establecer la conexión.

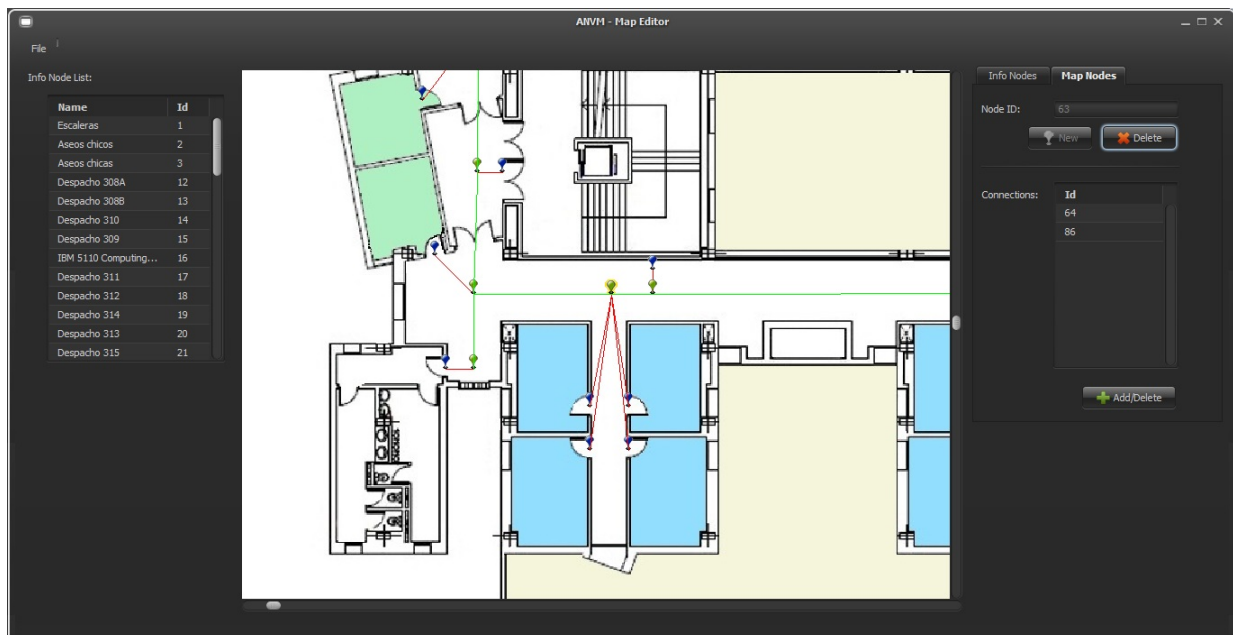


Figura 58: Conectar mapNodes entre sí

Flujo alternativo de eventos

1. Si el usuario ha realizado el flujo básico de eventos sobre una conexión ya creada, el sistema lo interpreta como que el actor desea eliminar la conexión establecida y le muestra un mensaje informativo preguntándole si desea eliminar la conexión.
2. Al seleccionar Sí, el sistema borrará la línea verde que indica la conexión y refresca ambas listas de conexiones de los mapNodes implicados.

Precondiciones

- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.10 Cargar mapa.
- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.6 Crear mapNode un mínimo de dos veces.

Postcondiciones

- El sistema muestra la conexión establecida entre los mapNodes pintando una línea verde entre ellos y actualizando la lista Connections de cada uno de los mapNodes con el identificador del otro mapNode con el que se ha realizado la conexión.
- Todos los cambios realizados se guardan en la base de datos.

2.8. Caso de uso Guardar información

A través de este caso de uso la herramienta permite guardar todos los cambios realizados sobre un archivo previamente cargado o uno nuevo que se cree. Se generan o modifican dos ficheros con formato XML para su posterior carga en la aplicación móvil. Éstos contienen toda la información necesaria sobre los puntos de interés o los puntos que conforman el grafo, desde los datos introducidos por el usuario hasta otros generados por el sistema, como son el identificador o las coordenadas entre otros. Además, se almacenan las matrices necesarias para su posterior procesamiento en la aplicación móvil para poder realizar el algoritmo de búsqueda de caminos óptimos, en este caso el algoritmo de Floyd.

Flujo básico de eventos

1. Una vez haya concluido el desarrollador de introducir toda la información, selecciona la opción File.
2. El sistema despliega un menú con varias opciones.
3. Posteriormente escoge la opción Save.
4. La herramienta le da la posibilidad de escoger el directorio en donde desea guardar los archivos, como se observa en la figura 59.
5. Finalmente selecciona el destino en donde desea crear los ficheros XML y pulsa en Guardar.
6. El sistema crea dos ficheros XML con la información almacenada en la base de datos hasta ese momento, uno con la información de los mapNodes y las matrices necesarias para el algoritmo de Floyd, y otro con la información de los infoNodes. Además, la herramienta genera tantos códigos QR como mapNodes tenga en el momento del guardado.

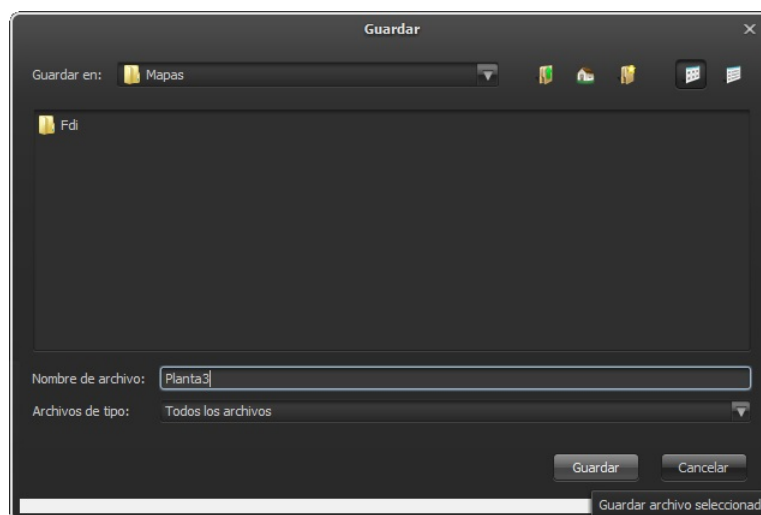


Figura 59: Guardar información

Precondiciones

- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.10 Cargar mapa.
- Puede guardar la información aunque no haya introducido ningún elemento, generando de este modo dos archivos en blanco.
- Debe tener espacio suficiente en el disco duro.

Postcondiciones

- Tras la finalización de este caso de uso, el sistema genera dos ficheros con extensión XML que contienen la información anteriormente mencionada y genera una imagen con un código QR para cada mapNode que contiene el identificador único de dicho nodo. Este identificador se utiliza en la aplicación móvil para saber la posición del usuario tras escanear el código. Los ficheros XML se cargan posteriormente en la aplicación móvil.

2.9. Caso de uso Cargar información

Este caso de uso permite al usuario cargar información anteriormente introducida para su ampliación, su modificación o simplemente para ver visualmente todos los puntos de interés, rutas y demás información a través de la herramienta.

Flujo básico de eventos

1. Una vez cargado el mapa, el usuario selecciona la opción File.
2. El sistema despliega un menú con varias opciones.
3. Posteriormente escoge la opción Open.
4. La herramienta le da la posibilidad de escoger los archivos que desea cargar, limitando la búsqueda a archivos con extensión XML.
5. Finalmente busca los archivos XML en donde se guardó toda la información que se desea cargar, como se observa en la figura 60. El usuario selecciona el fichero con la información de los mapNode primero, y la de los infoNode en segundo lugar.
6. En la figura 61 se ve cómo el sistema carga dicho archivo seleccionado y muestra en el panel central los iconos y conexiones correspondientes.

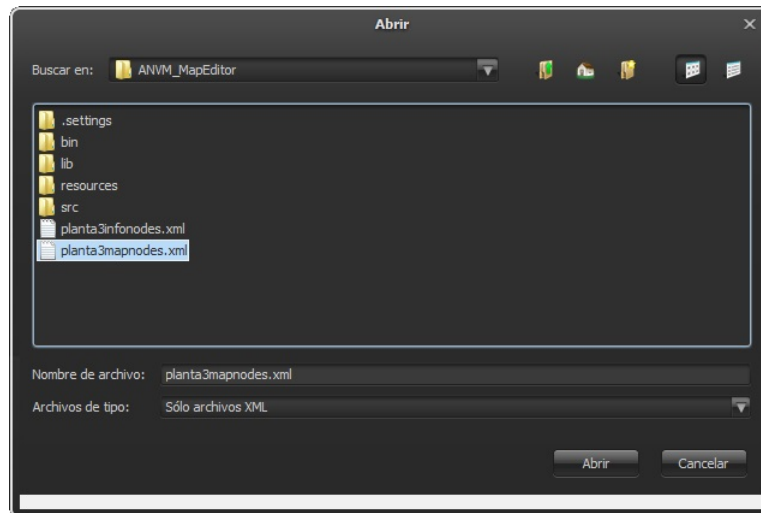


Figura 60: Cargar información

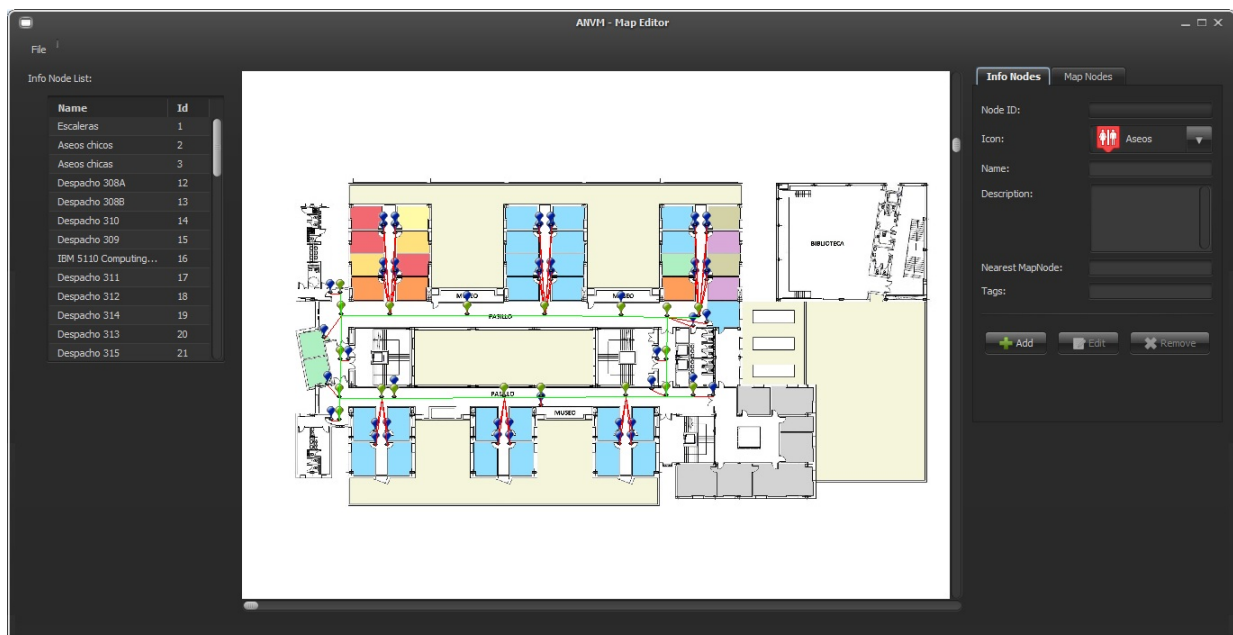


Figura 61: Información cargada

Precondiciones

- El usuario debe haber realizado previamente el caso de uso 2.10 Cargar mapa.
- Debe tener dos ficheros XML generados anteriormente por la aplicación.

Postcondiciones

- Tras realizar la carga de la información con éxito, el sistema muestra en el panel central el mapa y los iconos de los diferentes infoNodes y mapNodes, así como el listado de los primeros a la izquierda.

2.10. Caso de uso Cargar mapa

Mediante este caso de uso, el actor es capaz de cargar un mapa que haya sido previamente virtualizado o digitalizado en la herramienta para su posterior decorado o modificación.

Flujo básico de eventos

1. El usuario selecciona el botón desplegable File.
2. El sistema despliega un menú con varias opciones.
3. Posteriormente escoge la opción Load Map.
4. La herramienta permite al usuario buscar el mapa que desea cargar en su disco duro o memoria externa, con la limitación que debe ser un archivo con extensión JPG, y le da a Abrir.
5. Finalmente introduce la escala a la que está el mapa que ha introducido previamente para que la herramienta realice los cálculos de las rutas correctamente y calcule con gran exactitud las diferentes distancias.

Precondiciones

- El usuario debe tener instalada la máquina virtual de Java.
- Para poder observar la interfaz del Map Editor debe tener instalado el JRE 6.
- Debe tener un mapa en formato JPG.

Postcondiciones

- Tras realizar la carga del mapa correctamente, el sistema muestra el mapa cargado en el panel central de la interfaz.

Capítulo 6

Arquitectura y diseño

Esta sección de la memoria proporciona una visión general de la arquitectura del sistema, utilizando para ello distintas vistas que describen diferentes aspectos del sistema. La intención es resaltar y explicar las decisiones de diseño tomadas para el desarrollo del mismo.

En cuanto a la arquitectura del proyecto, se diferencia claramente las dos herramientas que lo componen:

- **Map Editor:** tiene la función de añadir toda la información necesaria a un mapa (puntos de interés, rutas).
- **Mobile App:** aplicación principal del proyecto. Desarrollada para el sistema operativo Android. Entre sus funcionalidades destacan la localización en interiores, la visualización de mapas y panoramas y la búsqueda de puntos de interés.

Todas las palabras, tecnicismos, siglas y expresiones que necesiten de una mayor explicación están recogidas en el Glosario.

1. Objetivos y restricciones de la arquitectura

En esta sección se describen los objetivos y restricciones que se han seguido durante el diseño de la arquitectura. Entre los objetivos que se comentan, caben destacar el llegar al máximo número de usuarios, la generalización y la modularización, y las restricciones más importantes son la instalación de una máquina virtual de Java, y la versión 4.0.3 de Android.

Tal y como se explica en la sección de Investigación (tanto de la presente memoria como de la memoria del proyecto complementario, ANVM - Virtual Mapping), la arquitectura en un principio fue pensada de distinta manera. A pesar de ello, los objetivos de la misma han permanecido inmutables desde el principio. Estos son los siguientes:

- **Llegar al máximo número de usuarios:** realizando la aplicación en Android se cubre una mayor parte de usuarios potenciales de la aplicación. Esto es debido a que en el mercado la gran mayoría de teléfonos que se comercializan llevan este sistema operativo. No se descarta que en el futuro sea llevada la implementación también a iOS ya que a pesar de tener solo 3 ó 4 modelos de teléfonos cuentan con una gran cuota de mercado. Además se ha intentado no ser muy restrictivo con la versión necesaria de Android, para que de nuevo un mayor número de usuarios puedan beneficiarse de su uso.
- **Generalización:** en toda la implementación y diseño de ANVM se observan ejemplos de generalización. Aunque para este proyecto se han utilizado las instalaciones de la Facultad de Informática de la UCM, se trata de un sistema listo para ser llevado a cualquier entorno o cliente. Mediante un proceso de personalización de

los tres componentes que conforman ANVM (Virtual Mapping, Map Editor y Mobile App) se obtiene un sistema funcional enfocado a las necesidades del cliente en cuestión.

- **Modularización:** el sistema está dividido en distintos módulos a varios niveles. Empezando por la división entre sub-proyectos (Mobile App y Virtual Mapping), pasando por el desarrollo independiente de Map Editor y más concretamente, dentro de cada uno de estos módulos, las funcionalidades organizadas en paquetes y carpetas. Con todo ello se consigue una mayor eficiencia en el desarrollo, siendo realizadas varias tareas en paralelo y facilitando además la realización de pruebas sobre el sistema.

En cuanto a las restricciones de este proyecto, es importante destacar que la aplicación para smartphones ANVM - Mobile App, está desarrollada para el sistema operativo Android. Por ello el lenguaje utilizado para la implementación es el utilizado por el Android SDK, Java. Se han utilizado además ciertos componentes que hacen que la aplicación esté especialmente diseñada para versiones Ice Cream Sandwich (4.0.3) de Android o superiores.

En lo referente a la aplicación Map Editor, al estar implementada en lenguaje Java, la única restricción que tiene es que para ejecutarse es necesaria una máquina virtual de Java instalada en el sistema y el JRE 1.6.

2. Vista lógica, diseño e implementación

En esta sección se explica una vista general y los paquetes esenciales que conforman el sistema ANVM. El proyecto está formado por dos módulos principales que forman la arquitectura del sistema, ANVM - Map Editor y ANVM - Mobile App. La primera genera toda la información necesaria sobre los puntos de interés y las rutas, entre otros aspectos, que posteriormente carga y maneja la aplicación móvil. Como se ha comentado en otras secciones de esta memoria, ANVM en conjunto es un proyecto dividido en dos partes. La primera parte es la encargada de realizar la captura de datos y virtualización de entornos empleando un robot personalizado. Como resultado se obtiene una vista cenital de un mapa que después es completado con la información introducida en el Map Editor. Para obtener más detalles sobre la arquitectura y el diseño de la parte Virtual Mapping se recomienda al lector consultar la memoria del proyecto ANVM - Virtual Mapping realizada por Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.

2.1. Paquetes del módulo Map Editor

La arquitectura de la aplicación para el decorado de mapas del proyecto ANVM está compuesta solamente de tres paquetes. Éstos se diferencian claramente como se comenta a continuación, mediante una descripción breve de cada uno.

Datos

Este paquete contiene las clases necesarias para la gestión y guardado de la información sobre los puntos de interés, los nodos del grafo de búsqueda y las rutas. Todas estas clases son utilizadas, aunque con un mayor número de funciones y opciones, en la aplicación móvil. En la implementación, este paquete se denomina `anvm.data`, y su clase principal es la clase `MapData.java`.

En la figura 62 se puede ver el diagrama de clases de este paquete.

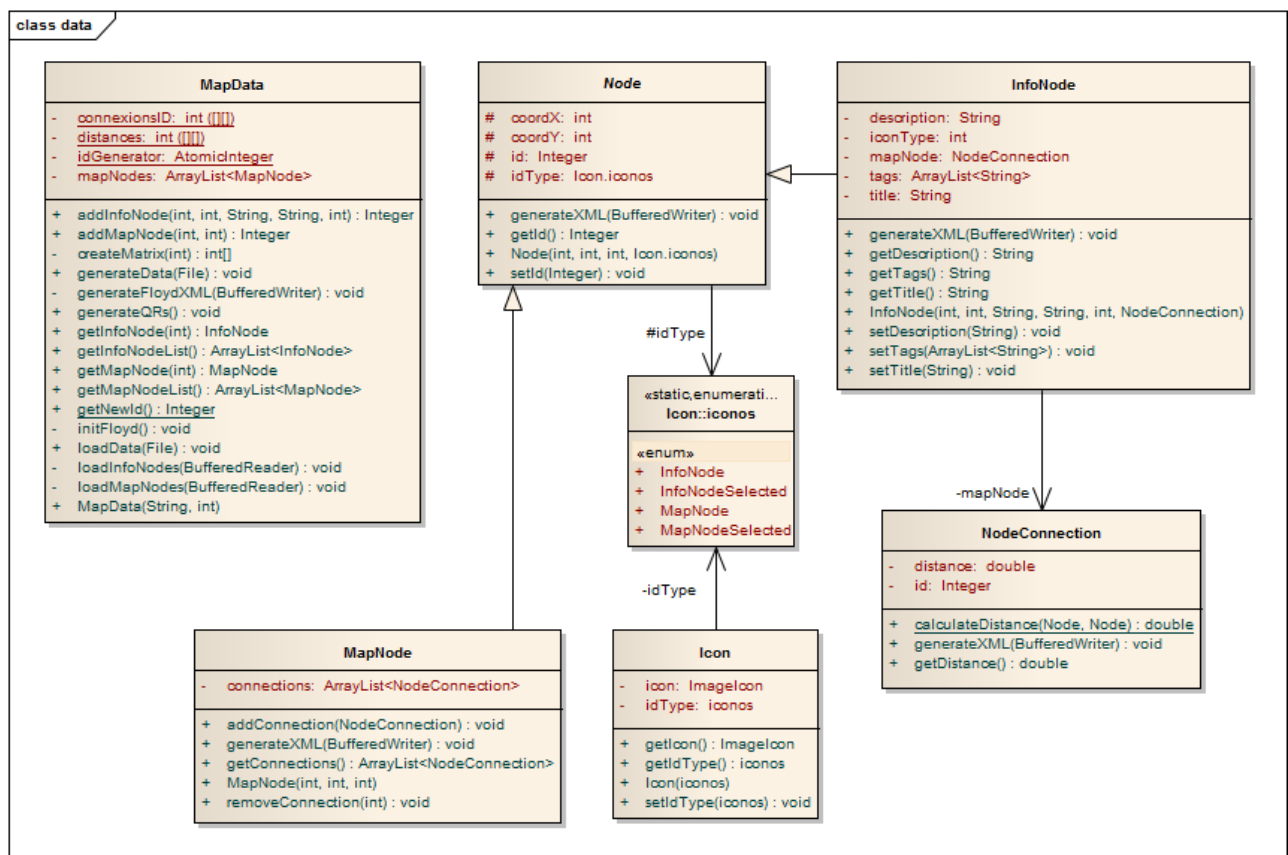


Figura 62: Diagrama de clases del paquete Datos

Principal

Este paquete contiene únicamente una clase, la clase `MapEditor.java`. Esta clase es la encargada de crear la interfaz gráfica de la aplicación, inicializarla y establecer un 'LookAndFeel' para que la herramienta tenga una apariencia más agradable a la vez que profesional.

En la figura 63 se puede ver el diagrama de clases de este paquete.

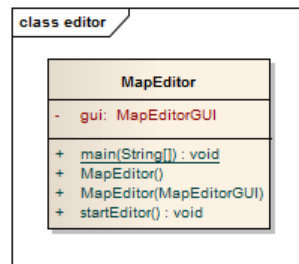


Figura 63: Diagrama de clases del paquete Principal

Interfaz

Todas las clases que forman la interfaz gráfica de la aplicación se encuentran alojadas en este paquete, desde los diferentes paneles que forman la interfaz entera (panel central, izquierdo y derecho), hasta la clase que los engloba. También se puede encontrar dos clases que se encargan del cálculo de los diferentes niveles de zoom y el movimiento a través de la imagen central, que es el mapa a decorar. Es en estas dos clases en donde se pintan todos los elementos que el usuario desarrollador introduce. En la implementación, este paquete se denomina `anvm.gui`.

En la figura 64 se puede ver el diagrama de clases de este paquete.

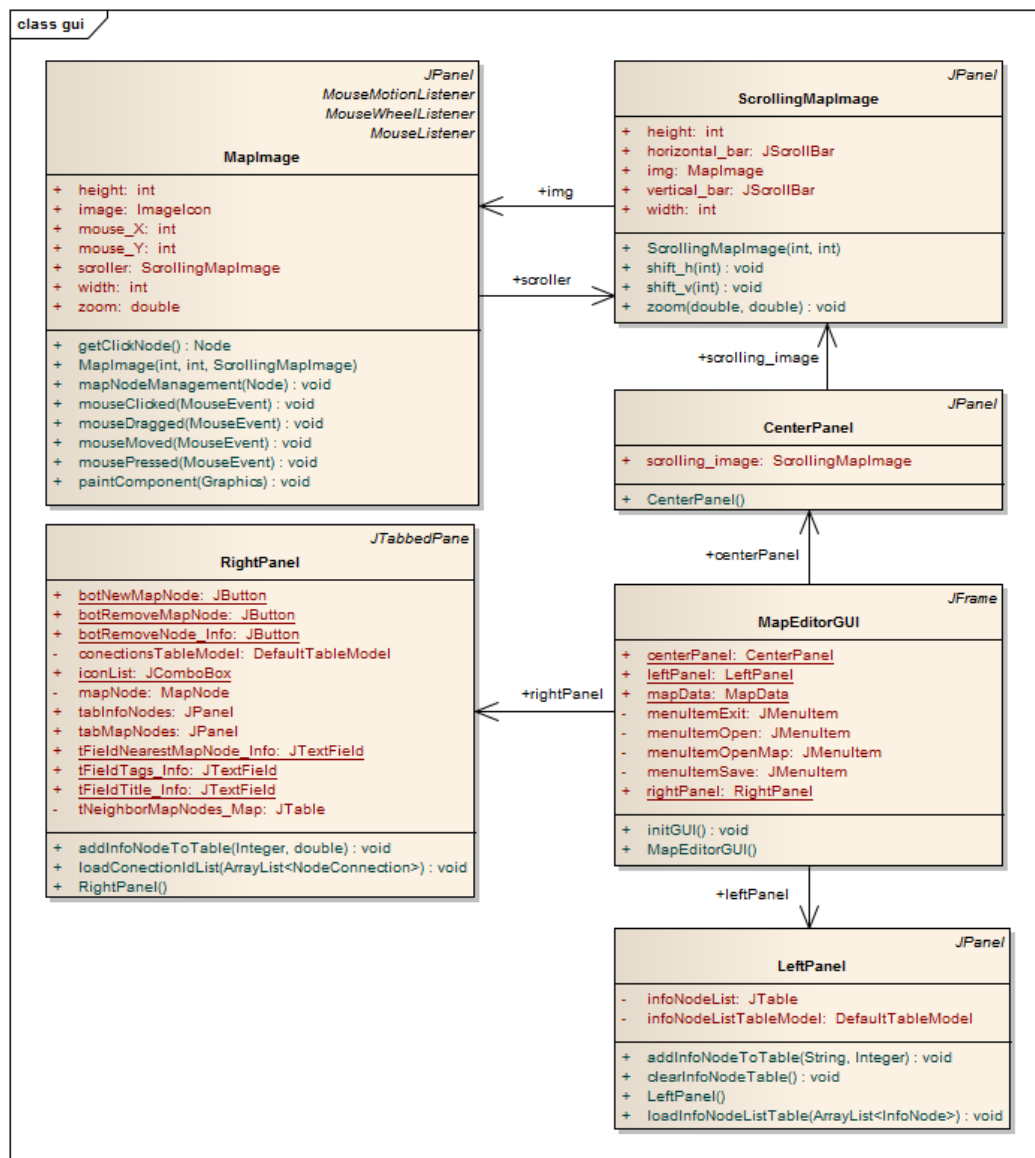


Figura 64: Diagrama de clases del paquete Interfaz

2.2. Paquetes del módulo Mobile App

La arquitectura de la aplicación para móviles del proyecto ANVM está dividida en distintos paquetes que engloban partes de funcionalidad. Al tratarse de un proyecto desarrollado para el sistema operativo Android, algunos paquetes y carpetas son impuestos por el Android SDK. En adelante se presentan y se explican brevemente cada uno de estos paquetes.

Datos

Las clases alojadas en este paquete son utilizadas por el sistema para la interpretación de la información que proporciona la aplicación Map Editor. Esta aplicación utiliza clases y estructuras de datos muy parecidas que luego exporta en un documento XML.

Estas clases por tanto son necesarias para representar esta información dentro de la aplicación Android. En la implementación, este paquete se denomina `anvm.data` y su clase principal es:

- **MapData.java:** encargada de guardar todos los datos del mapa cargado como por ejemplo las listas de `mapNodes` e `infoNodes` o las matrices de distancias y conexiones para el cálculo de rutas.

En la figura 65 se puede ver el diagrama de clases de este paquete.

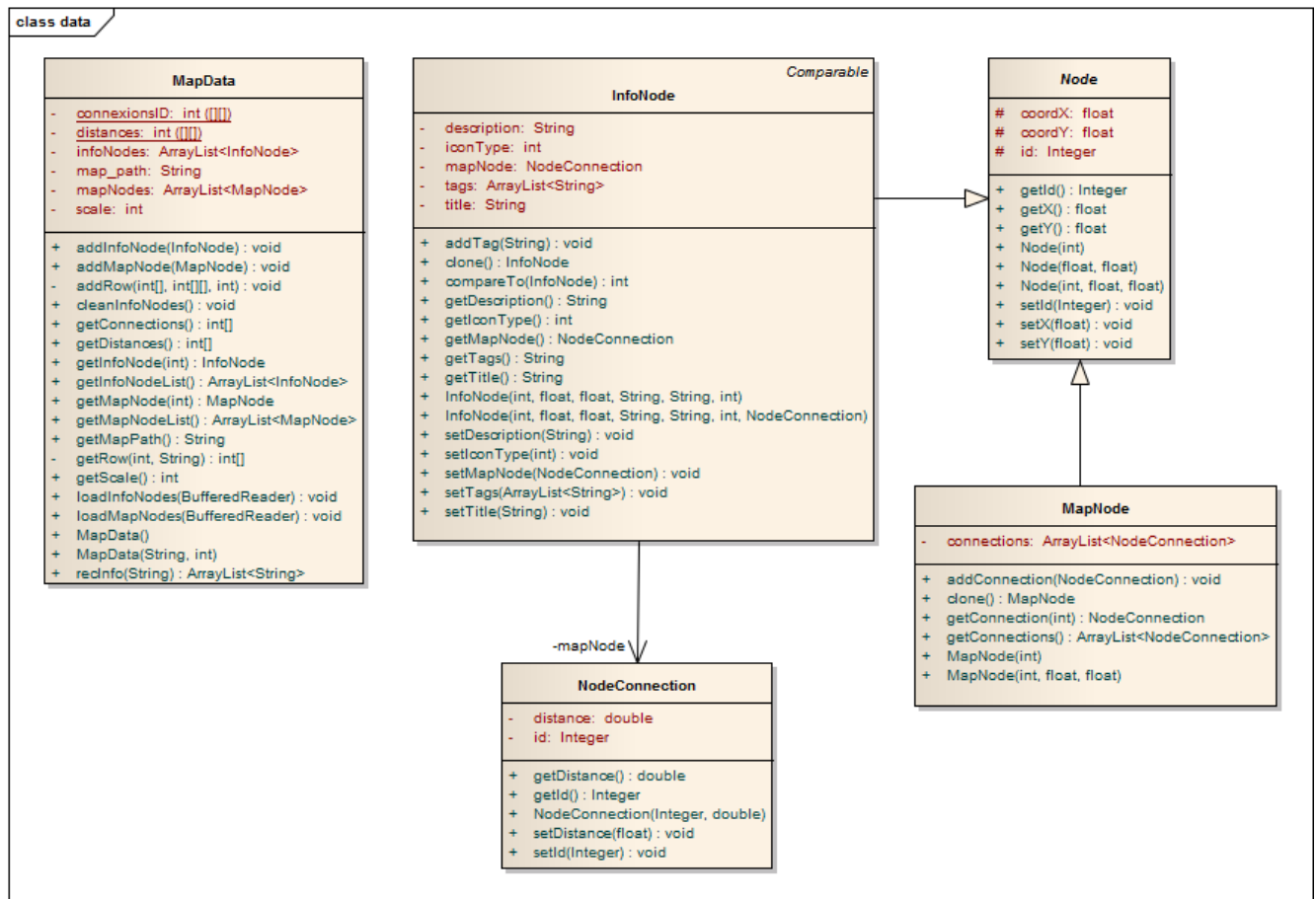


Figura 65: Diagrama de clases del paquete Datos

Interfaz de usuario

En este paquete se encuentran las clases que implementan la interfaz de usuario de la aplicación móvil. Existe una clase para cada Activity de la app. En Android, un Activity es un fragmento de funcionalidad con el que el usuario puede interactuar. En estas clases se recogen los datos e interacciones del usuario y se realizan acciones básicas con ellas o se pasan a otras clases para que sean utilizados. En la implementación, este paquete se denomina `anvm.gui`. Las clases principales de este paquete son:

- **MainMenuActivity.java:** en esta clase se implementa el menú principal de la aplicación. Es la primera interfaz con la que el usuario interacciona, siendo el punto

desde el que partir y al que volver tras utilizar las distintas funcionalidades de la app.

- **MapActivity.java:** en esta otra clase del paquete `anvm.gui` se implementa la interfaz del mapa. Cuenta con numerosos atributos importantes como `mapSizeZN` (siendo $N=1,2,3,\dots$, para cada nivel de zoom) y el tamaño de los tiles, que recordamos son porciones más pequeñas de una imagen que juntas forman la imagen completa (ver Glosario). Además se apoya en el otro paquete relacionado con el mapa como es `anvm.tiledscrollview`.
- **CameraTestActivity:** por último, esta clase se encarga de procesar los datos recogidos por la cámara mediante la clase `CameraPreview.java`. Procesa imágenes continuamente hasta reconocer y descifrar un QR. Utiliza numerosas funciones y objetos propias de la librería ZBar como `Image` e `ImageScanner`.

En la figura 66 se puede ver el diagrama de clases de este paquete.

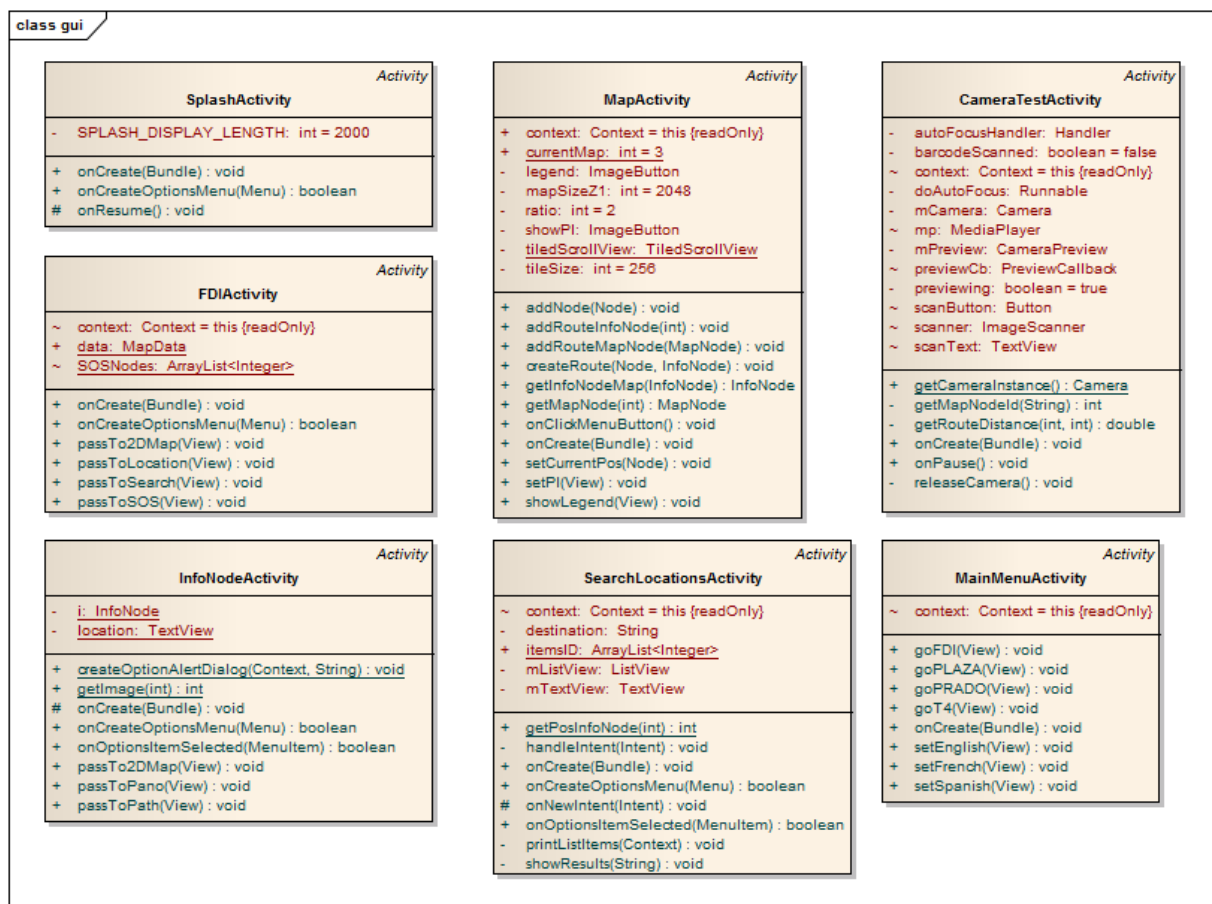


Figura 66: Diagrama de clases del paquete Interfaz de usuario

Panoramas

Las clases que realizan acciones relacionadas con los panoramas se encuentran en este paquete. En él se realizan las llamadas correspondientes a la librería para visualizar los panoramas descargados desde internet. En la implementación, este paquete se denomina `anvm.panorama`. La clase más importante de este paquete es:

- **PanoActivity.java:** en ella se implementan las funciones para el visionado de panoramas. Como se ha mencionado en otras ocasiones, se hace uso de la librería PanoramaGL for Android. En primer lugar, se carga la imagen panorámica desde internet tal y como se cuenta en la sección 4 Vista de procesos. Después, utilizando las funciones que proporciona la librería PanoramaGL se transforman las imágenes en un objeto Bitmap y se carga en la interfaz. Entrás las varias opciones que ofrece PanoramaGL, para la visualización en el móvil se ha elegido la opción de tratar las imágenes de manera cilíndrica, pudiendo el usuario moverse sólo en direcciones izquierda y derecha.

Sobre las imágenes aparecen unas flechas denominadas hotspots que se utilizan para la navegación a través de los distintos panoramas. Para colocar estas flechas es necesario proporcionar unas coordenadas X e Y. La altura a la que aparecen está prefijada, pero la posición en el eje X se calcula automáticamente teniendo en cuenta la posición del panorama sobre el mapa. Esta posición se calcula en función del ángulo que forman los puntos origen y destino correspondientes con los panoramas. El ángulo se calcula de la manera que se explica en la figura 67 donde aparece un gráfico explicativo y pseudo-código para comprender mejor este proceso.

Se crea el vector XY:

$X = X1 - X2$

$Y = Y1 - Y2$

Se calcula el ángulo P utilizando la función seno:

$P = \text{sen}(Y/\text{mod})$

(Se divide entre el módulo del vector XY para normalizar)

Se actualiza el ángulo dependiendo de la coordenada X:

if ($X < 0$) then $P = \text{Math.PI} - P$

Se toma el ángulo positivo:

if ($P < 0$) then

$P = P + (2 * \text{Math.PI})$

Finalmente, se convierte P a grados celsius:

$P = P * 180 / \text{Math.PI}$

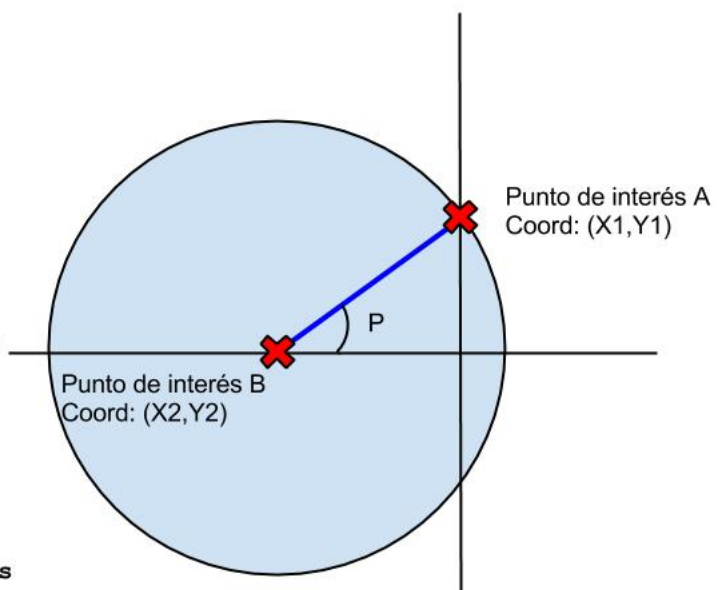


Figura 67: Colocación automática de hotspots en los panoramas

En la figura 68 se puede ver el diagrama de clases del paquete Panoramas.

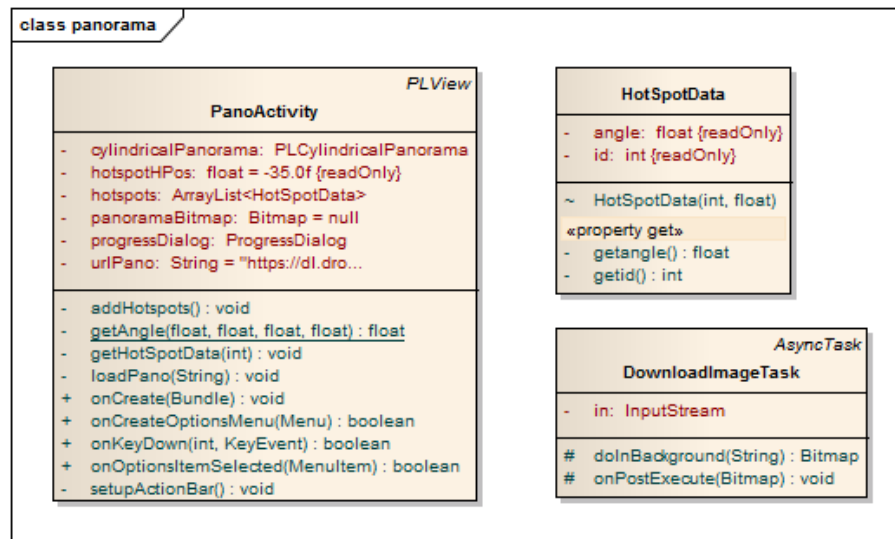


Figura 68: Diagrama de clases del paquete Panorama

QRs

Aunque la clase que maneja el Activity del escaneado de QR se encuentra en el paquete de la interfaz, en este otro se encuentran las clases que se ocupan del procesamiento de imágenes tomadas por la cámara para la resolución de códigos QR. En la implementación, este paquete se denomina `anvm.qr`. La clase más importante de este paquete es:

- **CameraPreview.java:** esta clase implementa las funciones que manejan la cámara cuando el usuario está tratando de escanear un código QR. Maneja objetos como `Camera`, `PreviewCallback` y `AutoFocusCallback` que permiten el procesamiento continuo de las imágenes de la cámara del smartphone. Es utilizada por la clase `CameraTestActivity.java` para el escaneado de QRs.

En la figura 69 se puede observar el diagrama de clases del paquete QR. Gran parte de las funcionalidades de los QRs se encuentran en la clase `CameraPreview.java` que está alojada en el paquete de interfaz de usuario ya que también es un Activity.

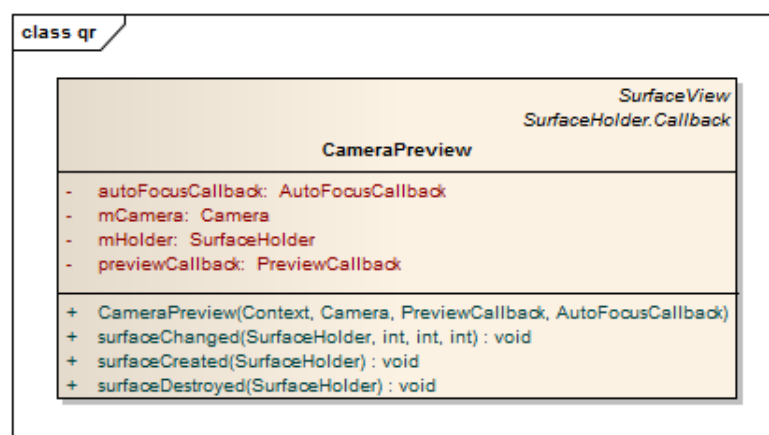


Figura 69: Diagrama de clases del paquete QR

Búsquedas

En este otro paquete se recogen las clases que implementan la búsqueda de puntos de interés. Estas clases se ocupan de gestionar, crear, y realizar las consultas sobre la base de datos donde se encuentran todos los puntos de interés del lugar virtualizado. Al igual que en el caso de los QR, el Activity se encuentra dentro del paquete de interfaz. En la implementación, este paquete se denomina `anvm.searchlocations`. Las clases más importantes de este paquete son:

- **LocationDBProvider.java:** es la encargada de proporcionar acceso a la base de datos. Contiene un objeto `LocationDataBase` que se encarga del manejo de la misma. Dentro de la clase se encuentran métodos para la manipulación de URIs.
- **LocationDataBase.java:** esta clase contiene la lógica para devolver las localizaciones específicas de `LocationDB` y cargar la tabla de `LocationDB` cuando sea necesario. Entre los métodos importantes destaca `query`, que es el encargado de construir las consultas que operan sobre la base de datos devolviendo un objeto `Cursor`.

En la figura 70 se puede observar el diagrama de clases del paquete Búsquedas.

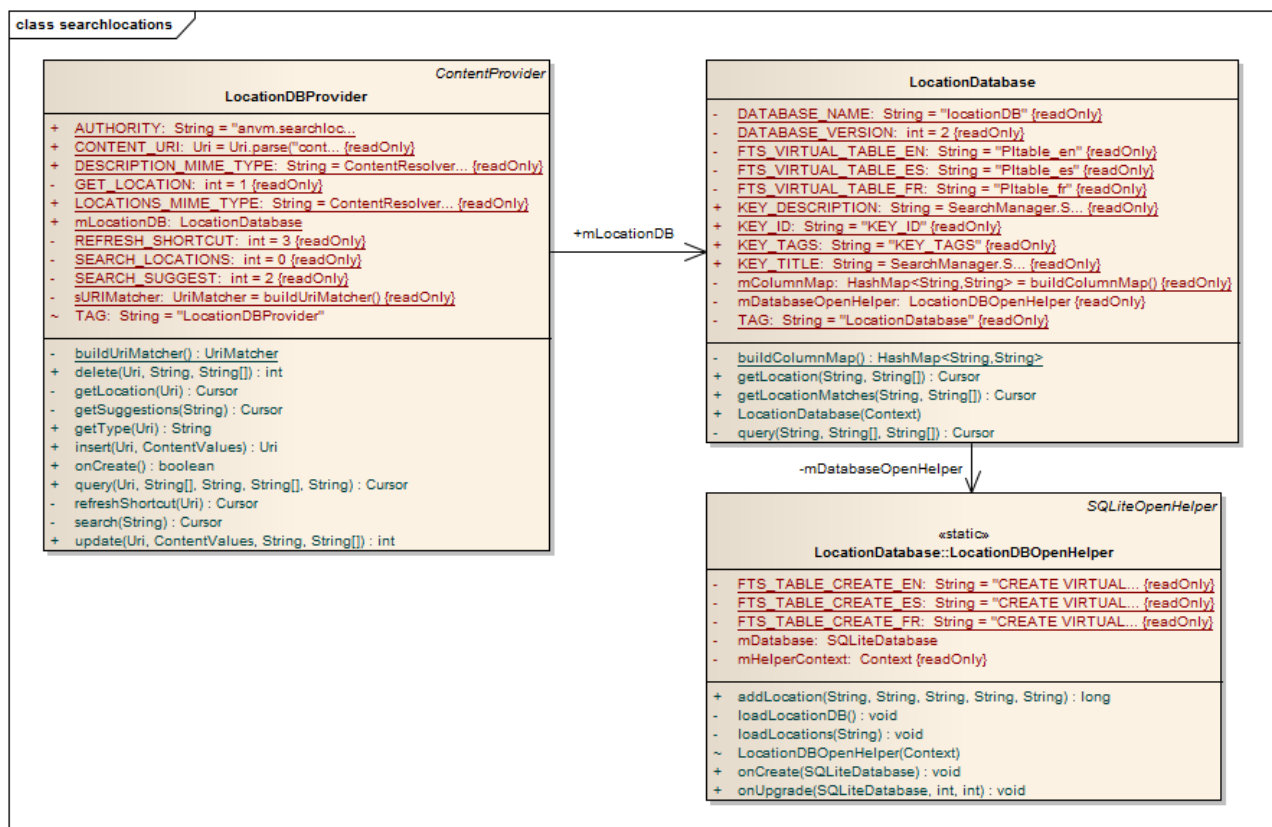


Figura 70: Diagrama de clases del paquete Búsquedas

Navegación a través del mapa

En este paquete se encuentran las clases necesarias para la navegación a través del mapa. El mapa del lugar está dividido en numerosos tiles dependiendo del nivel de zoom.

En estas clases por tanto, se realizan todos los cálculos que gestionan el manejo de tiles, iconos, puntos de interés y rutas dibujadas sobre el mapa. En la implementación, este paquete se denomina `anvm.tiledscrollview`, cuya estructura básica se basó en el código realizado por Sebastian Roth (para más información consultar el capítulo Bibliografía). Las clases más importantes de este paquete son:

- **TiledScrollViewWorker.java:** esta clase es la más importante de todas las clases del paquete `tiledscrollview`, puesto que se encarga de la gestión de todos los `map-Nodes`, los puntos de interés, los tiles que se deben cargar en función de nivel de zoom o las rutas que han de pintarse entre otras tareas. Debe ser capaz de atender todas las peticiones del usuario, tanto para calcular las coordenadas de los diferentes elementos dependiendo del nivel de zoom, como de mostrar diferentes diálogos al pulsar sobre los mismos.
- **Lines.java:** esta clase es la encargada de guardar todos los objetos de tipo `Line`, los cuales poseen unas coordenadas origen y destino, y de pintar todos estos objetos que conforman la ruta solicitada por el usuario.
- **TwoDScrollView.java:** gracias a esta clase, el usuario puede realizar zoom con ambos dedos, siendo por ello la que gestiona estos eventos y la que realiza todos los cálculos necesarios para poder realizar dicha acción.

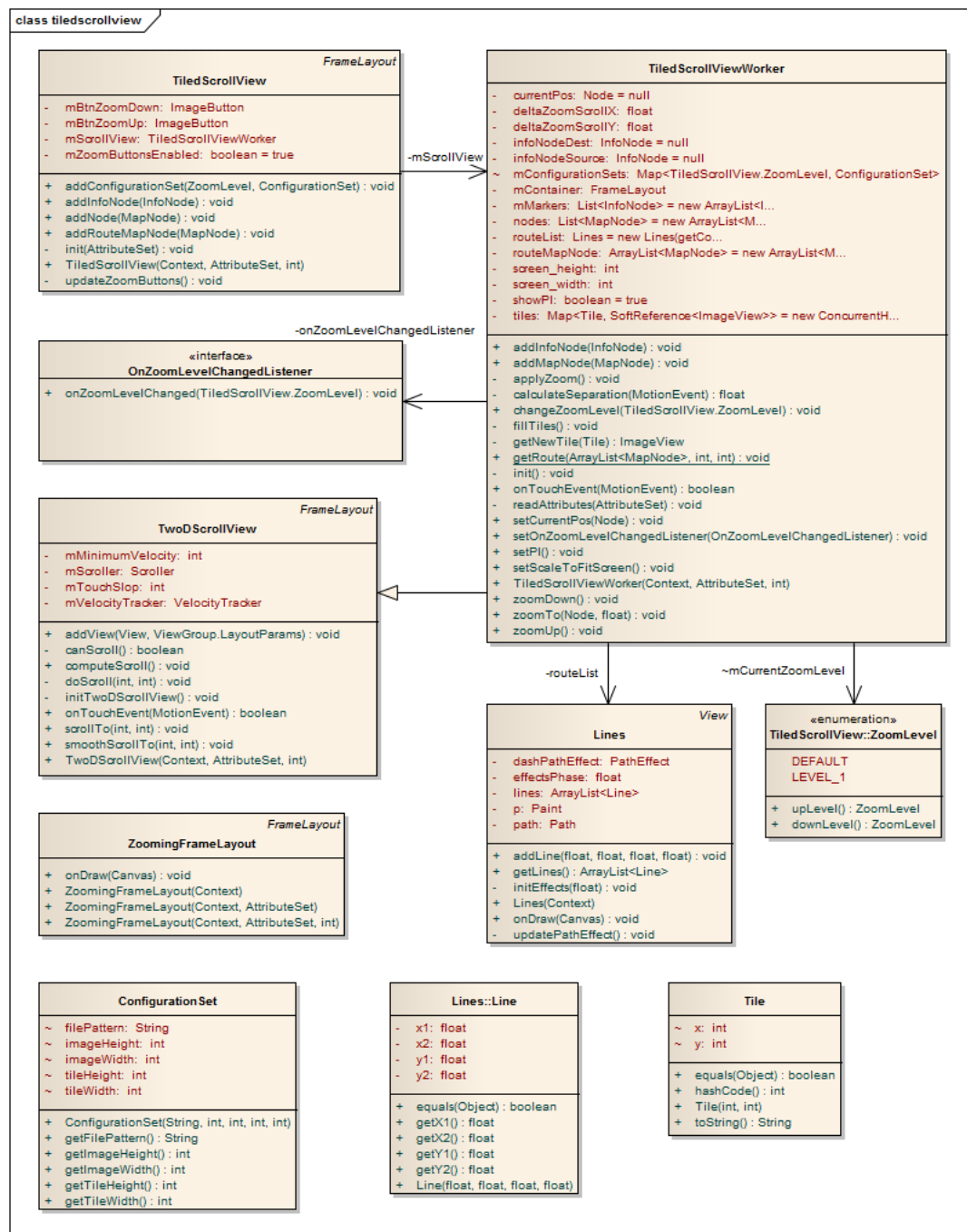


Figura 71: Diagrama de clases del paquete TiledScrollView

Elementos y funciones auxiliares

En este último paquete se encuentran las clases que implementan elementos que han sido utilizados en varias ocasiones en otros paquetes y que por comodidad se ha decidido generalizar para su reutilización. Las más destacadas son las clases:

- **CustomDialog.java:** implementa un tipo de ventana de diálogo en la que aparece además del texto explicativo una foto que ayuda a la mejor comprensión del mismo. Se utiliza para mostrar mensajes al usuario durante el uso de la aplicación. Es una personalización del diálogo que proporciona Android para mostrar mensajes.

- **CustomAdapter.java:** implementa un Adaptador personalizado para mostrar listas personalizadas. Los adaptadores son utilizados para mostrar listas de elementos por pantalla. Esta es una personalización del que proporciona Android. En él, además del nombre aparece un icono a la izquierda. Se utiliza en la aplicación a la hora de mostrar las plantas del complejo virtualizado y para mostrar la leyenda en el mapa.

3. Vista de casos de uso

En este capítulo se recogen los casos de uso que implementa la arquitectura del sistema. Cada caso de uso representa un fragmento de la funcionalidad de ANVM. Primero son explicados todos los referentes a ANVM - Mobile App y más adelante los de ANVM - Map Editor. En cada parte, se utilizan diagramas para comprender más claramente las relaciones que tienen los casos de uso entre sí y con el usuario.

3.1. Vista de casos de uso Mobile App

El usuario es el único actor, el que controla todas las posibles acciones que pueden realizarse sobre la aplicación. En la figura 72 aparece el diagrama de casos de uso para esta parte. Los casos de uso de ANVM - Mobile App son los siguientes:

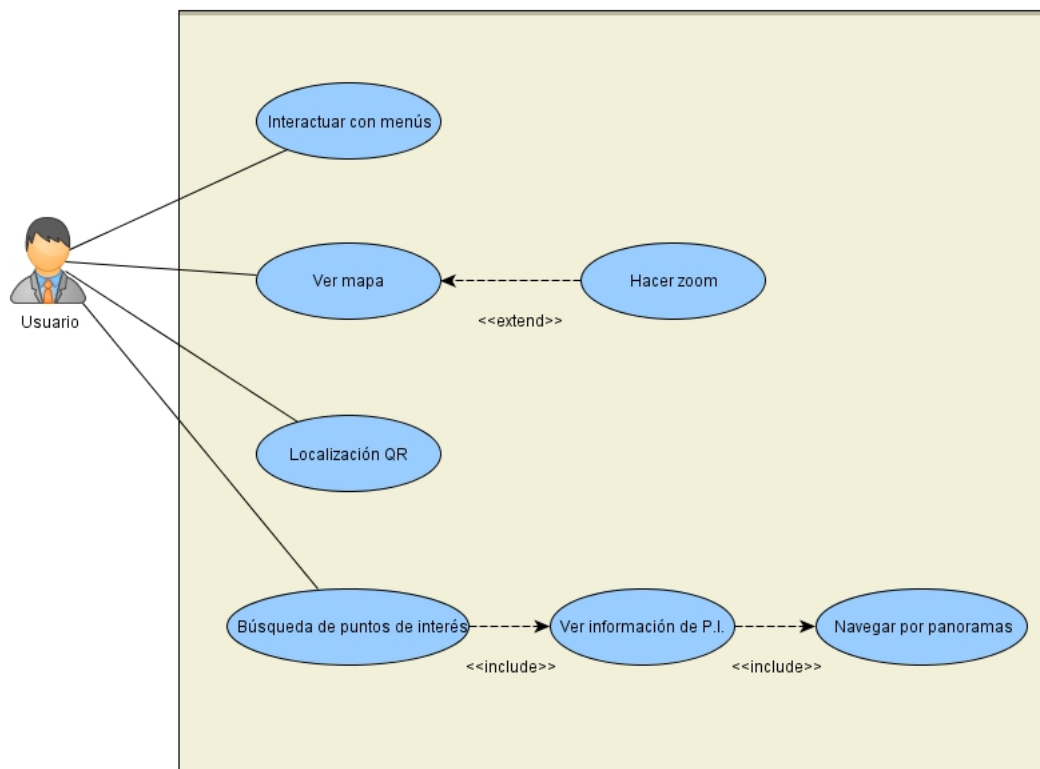


Figura 72: Diagrama de los casos de uso de la ANVM - Mobile App

- **Interactuar con menús:** los menús son lo primero que el usuario ve cuando inicia la aplicación. Son una interfaz gráfica en la que el usuario puede seleccionar diferentes posibilidades, como son: cambiar de idioma, ver el mapa, localizarse mediante un QR, o bien realizar una búsqueda de un punto de interés.
- **Ver mapa:** este es uno de los principales casos de uso del sistema. En él, el usuario puede desplazarse por el mapa en todas las direcciones para observar cada detalle del mapa virtualizado. El caso de uso Hacer zoom extiende la funcionalidad de Ver mapa.
 - **Hacer zoom:** este caso de uso permite al usuario interactuar con el mapa pudiendo hacer zoom hacia dentro o hacia fuera en función del nivel de detalle que desee.
- **Localización QR:** éste es otro de los casos de uso principales del sistema, mediante el cual el usuario puede localizarse dentro del mapa usando el escaneo de un código QR. Para ello, es necesaria la cámara de su teléfono Android. Estos códigos se encuentran distribuidos en ciertos puntos estratégicos a lo largo de la superficie virtualizada. Mediante el escaneado de códigos también es posible la visualización de rutas para la evacuación del edificio en caso de emergencia.
- **Búsqueda de puntos de interés:** este caso de uso se encarga principalmente de organizar toda la información disponible para que el usuario la consulte. Para ello, se muestra un listado con todos los puntos de interés, permitiendo realizar búsquedas de los mismos. Este caso de uso incluye a Ver información de PI.
 - **Ver información de PI:** la información de cada punto de interés contiene una pequeña descripción del mismo y permite al usuario poder ver dicho punto de interés en el mapa, obtener una vista 3D del mismo o bien dirigirse a este punto. Este caso de uso incluye a su vez Navegar por panoramas.
 - **Navegar por panoramas:** este caso de uso abarca las funcionalidades relativas a la visualización de imágenes panorámicas cilíndricas correspondientes a puntos de interés. Es posible realizar una visita virtual del lugar virtualizado empleando las flechas que comunican un panorama con su contiguo.

3.2. Vista de casos de uso Map Editor

Por otro lado, el desarrollador es el único actor que interviene en el proceso de creación de la base de datos de la superficie virtualizada. En la figura 73 se observa el diagrama de casos de uso para esta aplicación. Dicha base de datos se realiza mediante ANVM - Map Editor, cuyos casos de uso son:

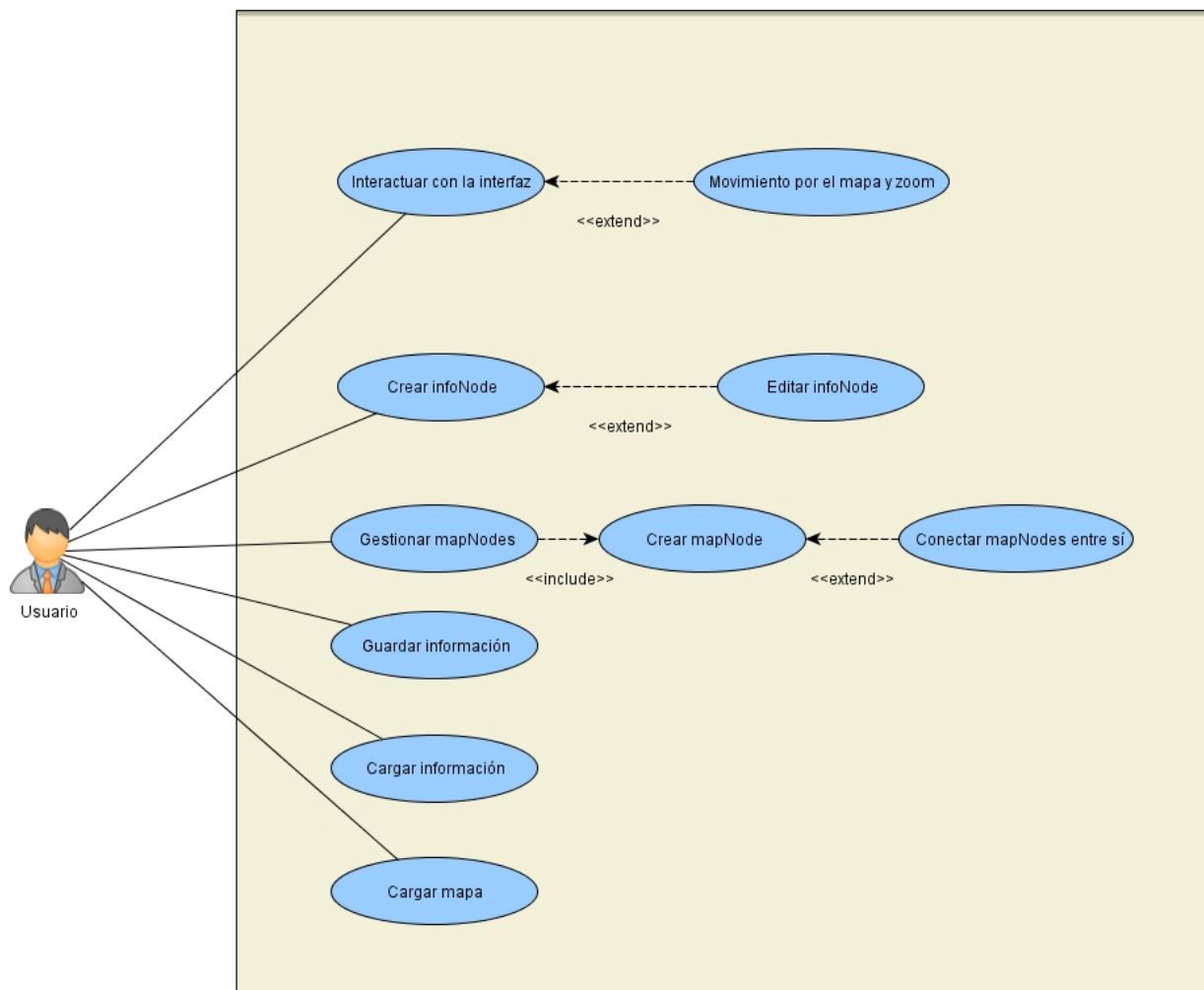


Figura 73: Diagrama de los casos de uso del ANVM - Map Editor

- **Interactuar con la interfaz:** este es un caso de uso básico e imprescindible que permite al desarrollador manipular todos los datos y el mapa sobre el que trabaje en ese momento. Su funcionalidad es extendida con el caso de uso Movimiento por el mapa y Zoom.
 - **Movimiento por el mapa y zoom:** permite al usuario interactuar con el mapa pudiendo hacer zoom hacia dentro o hacia fuera en función del nivel de detalle que desee, obteniendo una mayor precisión de las coordenadas. Una vez aplicado el zoom, dependiendo del nivel de éste, el usuario puede desplazarse por el mapa en todas las direcciones para observar cada detalle del mapa o fijar puntos de interés con mayor exactitud.
- **Crear infoNode:** este caso de uso da al desarrollador la posibilidad de crear infoNodes seleccionando un punto cualquiera en el mapa, en donde se ve un pequeño icono, e insertando toda la información necesaria para su creación. Este caso de uso ve su funcionalidad extendida con el caso de uso Editar infoNode.
 - **Editar infoNode:** permite al desarrollador editar toda la información disponible en los infoNode. Esta información contiene tanto el título del punto de interés como una pequeña descripción del mismo, entre otros datos.

- **Gestionar mapNodes:** este caso de uso al igual que el anterior, proporciona al desarrollador la posibilidad de crear mapNode o de editarlos. Incluye el caso de uso Crear mapNode.
 - **Crear mapNode:** este caso de uso posibilita la creación de mapNodes en cualquier posición del mapa que el desarrollador desee. Una vez seleccionada la posición del mismo, se creará con un identificador único, y el usuario no tendrá que rellenar ningún campo, pues estos nodos únicamente sirven para establecer el grafo de búsqueda y el panorama de un conjunto de infoNodes. La funcionalidad de este caso de uso se extiende en este otro:
 - **Conectar mapNodes entre sí:** para poder obtener un grafo sobre el cual establecer un algoritmo de búsqueda, se deben tener varios nodos conectados entre sí. Es ésta la función de este caso de uso, permitiendo añadir o eliminar conexiones entre mapNodes. El número de conexiones no está limitada, aunque será única entre dos mapNodes.
- **Guardar información:** concede al usuario desarrollador la opción de guardar toda la información sobre mapNodes, infoNodes y conexiones que haya realizado sobre el mapa 2D. El guardado de la información genera dos ficheros XML, formato de lenguaje de marcado para estructurar la información y un fichero de texto.
- **Cargar información:** partiendo del caso anterior, es posible cargar la información guardada en el Map Editor para posibles modificaciones en los datos que así considere el usuario.
- **Cargar mapa:** este último caso de uso permite algo tan esencial como cargar el mapa en la aplicación. De esta forma se establece tanto los infoNode como los mapNode, simplemente haciendo click en el lugar en donde se desee establecer el punto de interés o nodo.

4. Vista de procesos

En ANVM existe cierto trato de procesos e hilos en la aplicación para smartphones. Las imágenes panorámicas utilizadas en la app, ocupan un espacio considerable teniendo en cuenta además que se utilizan un gran número de ellas (una por cada mapNode). Por ello, con la intención de hacer que la app ocupe el menor espacio posible en memoria del teléfono, la carga de éstas imágenes se produce a través de internet.

Para cargar estas imágenes, cuando el usuario decide consultar la vista en 3D del punto de interés (PI) en cuestión, el sistema lanza un hilo que se la descarga de un servidor utilizando el identificador del PI. El servidor que se ha utilizado para el almacenamiento es Dropbox. Todas las imágenes cuentan con una dirección URL única. Con el objetivo de generalizar la carga lo más posible, estas direcciones se diferencian entre sí sólo en el nombre del archivo en cuestión, y cada archivo es nombrado con el ID de cada mapNode. Al seleccionar la vista en 3D de un infoNode, se accede al mapNode con el que está conectado y se descarga la imagen que tiene como nombre archivo el ID de dicho mapNode. En la figura 74 se puede ver una imagen que escenifica este hecho.

La descarga de imágenes desde internet debe realizarse en un hilo a parte por un requisito de la interfaz de usuario de Android. En caso contrario la app queda bloqueada y no es posible hacer la descarga. Además, llevando a cabo esta acción mediante hilos, conseguimos mayor fluidez en las tareas asociadas a la visualización de panoramas.

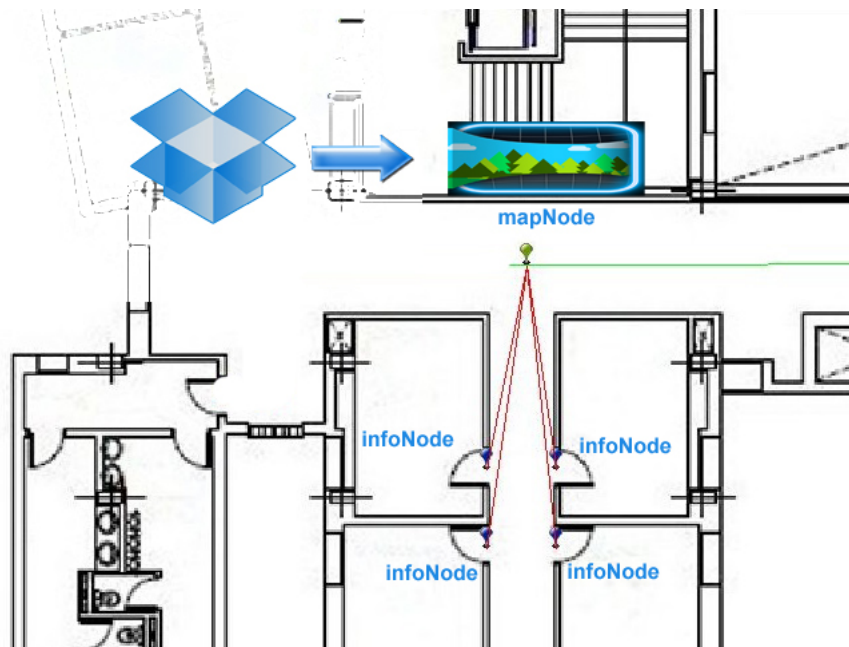


Figura 74: Correspondencia entre mapNodes e infoNodes

5. Arquitectura Android

Android es un conjunto de utilidades software para dispositivos móviles que incluye un sistema operativo, middleware (software que asiste a una aplicación para interactuar con otras bien sean software, hardware, redes o sistemas operativos) y aplicaciones. El Android SDK proporciona herramientas y APIs necesarias para comenzar un desarrollo en la plataforma Android usando para ello el lenguaje de programación Java. Sus principales características son:

- **Framework de aplicaciones** que permite la reutilización y remplazamiento de componentes.
- **Máquina virtual Dalvik** optimizada para dispositivos móviles.
- **Navegador web integrado** basado en la máquina WebKit de código abierto.
- **Gráficos** optimizados motorizados por una librería **2D** personalizada y gráficos **3D** basados en las especificaciones de OpenGL ES 1.0.
- **SQLite** para el almacenamiento estructurado de información.
- **Soporte para multimedia**, audio, vídeo e imagen (MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG, PNG, GIF).
- **Telefonía GSM** (dependiendo del hardware).

- **Bluetooth, EDGE, 3G y Wifi** (dependiendo del hardware).
- **Cámara, GPS, brújula y acelerómetro** (dependiendo del hardware).
- **Entorno de desarrollo** que incluye un emulador de dispositivos, herramientas de depuración, memoria, perfiles de rendimiento y un plugin para Eclipse IDE.

En la figura 75 podemos ver un diagrama con los principales componentes del sistema operativo Android. A continuación se describe cada sección con algo más de detalle.

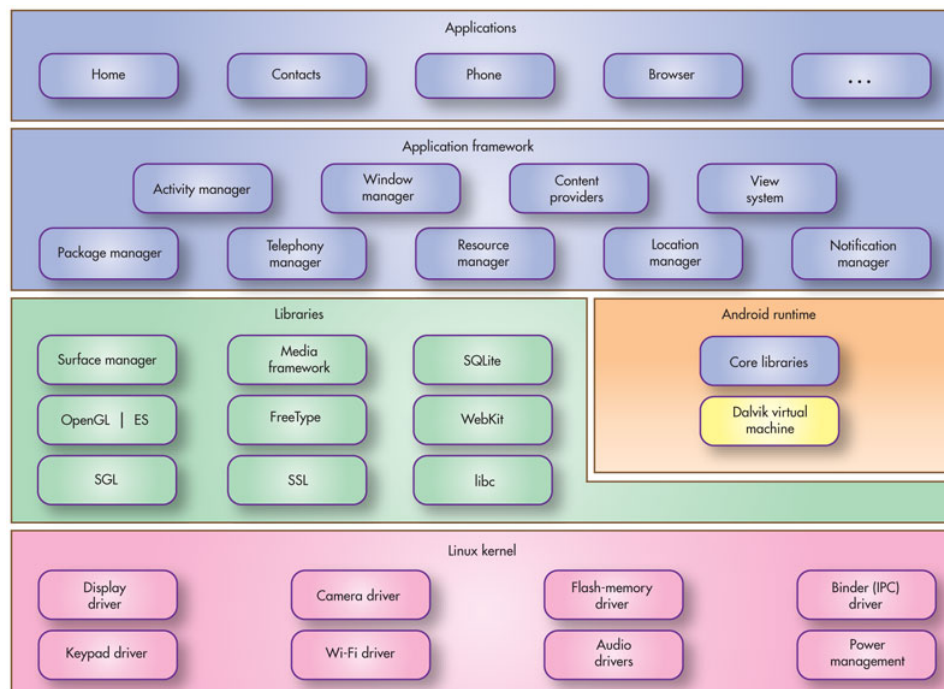


Figura 75: Arquitectura de Android. Fuente: codiexlab.com

Aplicaciones

Android se distribuye como un conjunto de aplicaciones básicas que incluye un cliente de correo, un programa para enviar y recibir SMS, un calendario, la aplicación Google Maps y una aplicación para contactos entre otros. Todas ellas están desarrolladas usando el lenguaje de programación Java.

Framework de aplicación

Al tratarse de una plataforma de desarrollo en código abierto, Android ofrece a los desarrolladores la capacidad de crear aplicaciones innovadoras y de mucho contenido. Los desarrolladores son libres de utilizar las ventajas del dispositivo hardware, la información de ubicación, ejecutar servicios en segundo plano, establecer alarmas, añadir notificaciones y muchas más funcionalidades. Tienen acceso completo al mismo framework de la API que utilizan las aplicaciones principales. La arquitectura de la aplicación está diseñada para simplificar la reutilización de componentes, cualquier aplicación puede

publicar sus capacidades y éstas ser utilizadas por otras aplicaciones (este tema está sujeto a restricciones de seguridad impuestas por el framework). Este mismo mecanismo posibilita que los componentes sean sustituidos por el usuario.

Detrás de todas las aplicaciones existe un conjunto de servicios y sistemas entre los que se incluyen:

- Un amplio conjunto de **Views** (vistas) que pueden ser utilizadas para crear la aplicación, incluyendo listas, mallas, cajas de texto, botones e incluso un navegador web integrable.
- **Content Providers** (proveedores de contenido) que permiten a las aplicaciones acceder a datos de otras aplicaciones (como Contactos), o compartir sus propios datos.
- Un administrador de recursos (**Resource Manager**), que proporciona acceso a los recursos que no están implementados en código, como strings localizados, gráficos y archivos de diseño (layouts).
- Un administrador de notificaciones (**Notification Manager**) que permite a las aplicaciones mostrar alertas personalizadas en la barra de estado.
- Un gestor de actividades (**Activity Manager**) que maneja el ciclo de vida de las aplicaciones y proporciona la sensación de navegación utilizando la tecla Atrás del dispositivo.

Librerías

Android incluye un conjunto de librerías en C/C++ usadas por los distintos componentes del sistema. Las capacidades de las librerías quedan expuestas a los desarrolladores a través del framework de aplicaciones Android. Las librerías más importantes son:

- **System C library:** una implementación BSD derivada de la librería del sistema estándar de C (libc) con incrustaciones de dispositivos basados en Linux.
- **Librerías de medios:** basados en PacketVideo's OpenCORE, las librerías dan soporte para la grabación y reproducción de los más populares formatos de vídeo y audio incluyendo MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG y PNG.
- **Surface Manager:** gestiona el acceso al subsistema de visualización y compone capas gráficas 2D y 3D desde distintas aplicaciones.
- **LibWebCore:** un motor de navegador web moderno que alimenta tanto el navegador de Android como las incrustaciones de este en otras aplicaciones.
- **SGL:** un motor gráfico 2D subyacente.
- **Librerías 3D:** una implementación basada en las APIs de OpenGL ES 1.0. Suelen utilizar aceleración 3D por hardware (si está disponible).
- **FreeType:** soporte para mapas de bits (bitmaps) y renderizado de fuentes.
- **SQLite:** una poderosa y ligera base de datos relacional.

Entorno de ejecución

Android incluye un conjunto de librerías que proporcionan la mayor parte de funciones disponibles en las librerías de Java. Cada aplicación se ejecuta en su propio proceso con su propia instancia de la máquina virtual (MV) Dalvik. Dalvik ha sido desarrollada de tal manera que un dispositivo puede ejecutar varias máquinas virtuales de manera eficiente. Además, ejecuta archivos en Dalvik Executable (extensión .dex), formato optimizado para un consumo de memoria mínimo. La MV está basada en registros y ejecuta clases compiladas por un compilador de lenguaje Java que han sido transformadas al formato .dex por la herramienta “dx” también incluida. La MV se basa en el kernel de Linux para la funcionalidad subyacente como gestión de memoria, tratamiento de hilos y bajo nivel.

Kernel Linux

Android se basa en la versión 2.6 de Linux para los servicios básicos del sistema como seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, pila de red y modelo de controladores. El núcleo también actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto del software.

Capítulo 7

Plan de desarrollo

En este capítulo de la memoria, se ofrece una visión clara de cada una de las fases que han tenido lugar durante el desarrollo del proyecto. Se habla de cómo se han planificado dichas fases y del cumplimiento de los objetivos dentro de cada una de ellas. Con este capítulo se pretende desengranar el proyecto en cada una de sus fases de investigación, implementación y pruebas y analizar cada una de las entregas que se han llevado a cabo para cada fase.

Se describe también la planificación de trabajo personal de cada uno de los desarrolladores del proyecto para cumplir los objetivos de cada fase, así como la colaboración de personas externas al proyecto que ayudaron o asesoraron en algún momento de su desarrollo.

Se ha seguido el proceso unificado de desarrollo de software, que se caracteriza por estar dirigido por casos de uso, centrarse en la arquitectura y por ser iterativo e incremental.

Cabe destacar que gracias a esta planificación mediante hitos a medio plazo, y la preparación de diversas entregas a lo largo del proyecto se han podido cumplir con los objetivos que se marcaron dentro del alcance del proyecto, y construir un proyecto sólido, estable, y fácilmente ampliable para cumplir el resto de objetivos que se quedaron fuera del alcance por falta de tiempo.

Todos los términos científicos, tecnicismos, siglas y demás expresiones que necesiten una breve explicación complementaria están recogidos en el capítulo Glosario.

1. Descripción del proyecto

Dentro de esta sección se proporciona una descripción de la finalidad y objetivos del proyecto. Se describe también el alcance previsto para cada una de las fases así como del resultado final. También se definen cada una de las entregas que se han ido cumpliendo dentro del proyecto junto con las suposiciones y limitaciones necesarias para cada entrega.

1.1. Propósito del proyecto, alcance y objetivos

El objetivo principal del proyecto consiste en la localización del usuario en interiores mediante un sistema de códigos QR, esta decisión se tomó después de varias semanas de investigación con otras tecnologías de reconocimiento de puntos en el espacio utilizando la cámara del Kinect. Esta idea se descartó por la gran dificultad que conllevaba hacerlo de esta forma y el poco beneficio que se obtiene, ya que con un simple código QR es posible localizar al usuario, aunque no con la libertad que otorga la otra tecnología.

Tras elegir el código QR como opción para la localización, se consigue situar al usuario en un mapa 2D generado mediante el proyecto desarrollado en paralelo con este (Virtual Mapping) , ver todos los puntos de interés del lugar en el que se encuentre o bien recibir indicaciones para dirigirse a uno de ellos. A continuación se muestra los objetivos de cada una de los sub-proyectos que engloban ANVM.

El proyecto contiene una aplicación móvil desarrollada en Android, ANVM - Mobile App, cuyos principales objetivos que se plantean son:

- Visualización e interacción con el mapa 2D.
- Escaneado y localización mediante códigos QR.
- Búsqueda de puntos de interés en una base de datos.
- Guiado del usuario a través del mapa mediante rutas a los puntos de interés.
- Visualización de imágenes panorámicas asociadas a los puntos de interés por las que se puede navegar al estilo Street View de Google.
- Visualización sobre el mapa de la ruta de evacuación en caso de emergencia.

Una aplicación para crear toda la base de datos y las localizaciones de los puntos de interés en el mapa 2D desarrollada en Java, denominada Map Editor, cuyos hitos son:

- Marcado y edición de los puntos de interés de cada mapa.
- Cálculo de distancias entre los puntos de interés.
- Cálculo del grafo de búsqueda y de las rutas óptimas entre los puntos de interés.
- Generación de ficheros de datos para la aplicación móvil con toda la información editada.
- Generación de códigos QR asociados a cada punto de interés.

Un robot que sea capaz de obtener dicho mapa utilizando diversas tecnologías, correspondiente al sub-proyecto ANVM - Virtual Mapping, cuyos objetivos son:

- Diseño y construcción de un robot capaz de calcular de forma autónoma su posición mientras se está moviendo.
- Diseño e implementación de un programa capaz de unir la información de la posición del robot, con las imágenes que se van capturando durante el recorrido.
- Generar un mapa del espacio interior a partir de toda la información recogida con el robot.

1.2. Suposiciones y limitaciones

A continuación se enumeran cada una de las suposiciones y limitaciones a la hora de planificar cada uno de las fases dentro de la realización de este proyecto:

- Los desarrolladores del Proyecto ANVM actualmente también trabajan a tiempo parcial o completo en sus respectivas empresas, y por ello, la planificación fue adaptada al horario de cada uno.

- El desarrollo en la plataforma Android es completamente desconocido para los alumnos y supone pues una limitación inicialmente. También se ha realizado un fuerte estudio de las posibilidades de localización mediante códigos QR frente a otras opciones, y la técnica de tilear imágenes (dividir en porciones más pequeñas dicha imagen) como mejor candidato a la hora de reducir el procesamiento gráfico de los terminales y su correcta utilización.
- La investigación sobre las diversas tecnologías que se aplican para la reconstrucción de los mapas 2D ha condicionado en gran medida tanto los objetivos, como la planificación dentro cada fase del proyecto, puesto que no se tenía ningún conocimiento previo sobre dichas tecnologías antes de la realización del proyecto.
- Las inversiones de tiempo no pudieron ser constantes en el tiempo puesto que cada desarrollador del equipo, ha dedicado el tiempo que podía dentro de sus obligaciones dentro de la carrera (otras asignaturas, exámenes y prácticas) por lo que su dedicación puede descender en épocas de exámenes, o ascender en otras. Como mínimo se calcula que cada desarrollador invirtió unas 14 horas semanales de media hasta la entrega de la versión final.
- Este proyecto deberá entregarse el día 7 de Junio, por lo que deberá estar terminado para entonces dejando de lado todos los objetivos que queden fuera del alcance.

1.3. Entregas del proyecto

En la tabla 8 aparecen las fechas aproximadas de las entregas que se programaron como objetivo a lo largo de todo el desarrollo del proyecto:

Fecha	Producto
24/05/2012	Presentación de la idea del proyecto a la convocatoria de Wayra 2012.
31/10/2012	Fin de la investigación sobre el tipo de tecnología a usar para la localización.
12/11/2012	Primera versión de la aplicación móvil.
28/12/2012	Primera versión de la aplicación Map Editor y primera versión de la documentación.
15/01/2013	Segunda versión de la aplicación móvil. Primera versión del prototipo robot para las reconstrucciones.
18/02/2013	Segunda versión de la documentación. Finalizada herramienta Map Editor. Primera reconstrucción realizada por el robot.
15/03/2013	Coloreado del mapa dentro de la aplicación móvil mostrando todos los elementos del mismo, así como la posibilidad de mostrar rutas entre dos puntos. Reconstrucción de un espacio mayor con el robot.
07/06/2013	Última versión de la documentación para ser entregada. Finalizada la aplicación móvil con las funcionalidades mencionadas anteriormente. Además se añade la posibilidad de realizar visitas virtuales a través de panoramas cilíndricos.

Tabla 8: Entregas del proyecto

1.4. Evolución del plan de desarrollo de software

El Plan de Desarrollo del Software ha ido modificándose a lo largo del proceso de investigación comenzado en Agosto de 2012 debido, principalmente, a las limitaciones que se imponían cada vez que se investigaba un nuevo software para la reconstrucción de la superficie, proceso de investigación detalladamente explicado en el proyecto ANVM - Virtual Mapping. A partir de finales de Noviembre, no hubo ningún cambio significativo en esta planificación, a excepción de pequeñas modificaciones del alcance del proyecto, a fin de evitar o resolver algunos riesgos previstos, o de la implementación de herramientas auxiliares.

Plan de proyecto inicial

Este plan ha sido desarrollado durante la primera fase del proyecto, en Agosto de 2012. Los objetivos del proyecto en el momento diferían mucho de los del plan actual, sin embargo, algunos aspectos han permanecido intactos.

1. Primer prototipo

- a) Generar una nube de puntos utilizando la cámara Kinect.
- b) Ser capaces de situarnos en el espacio 3D mediante fotos.

- c) Prototipo de aplicación móvil.
- 2. Segundo prototipo
 - a) Guardar de forma eficiente la nube de puntos generada por el Kinect en la nube.
 - b) Localización mediante vídeo en el espacio 3D.
 - c) Segundo prototipo móvil con mayor funcionalidad.
- 3. Entrega final
 - a) Aplicación móvil completa capaz de:
 - Localizar al usuario en el espacio 3D mediante vídeo.
 - Buscar puntos de interés.
 - Consultar el mapa desde la pantalla del smartphone.

Durante la generación del primer prototipo, se encontraron multitud de limitaciones en la localización mediante fotos o vídeos en la nube de puntos 3D. Por esta razón, se descartó este plan de fase salvo el diseño de la aplicación móvil. En el capítulo de Investigación de la memoria del proyecto ANVM - Virtual Mapping están descritas todas las dificultades encontradas en el proceso y las conclusiones sacadas al respecto.

Segundo plan de proyecto

El Segundo Plan de Proyecto se enfoca en una nueva forma de localización, mucho más sencilla y menos costosa, la utilización de códigos QR. Con esta nueva idea, se descarga la información almacenada en la nube al no tener que guardar toda la nube de puntos, a parte de evitar procesos complejos de obtención de puntos clave de las capturas hechas con el móvil, reduciendo el coste computacional de la localización.

- 1. Primer prototipo
 - a) Generar un mapa 2D empleando el Kinect y guardar los datos.
 - b) Primer prototipo de aplicación móvil con interfaz simple.
- 2. Segundo prototipo
 - a) Construir un robot que permita grabar con el menor error posible.
 - b) Aplicación móvil con una interfaz mejorada y con pequeñas funcionalidades, lector QR, manejo de mapas y listado de puntos de interés.
 - c) Aplicación Java que permita generar la información sobre los puntos de interés en un mapa, distancias, localización y descripción.
- 3. Entrega final
 - a) Robot completamente funcional que permita obtener un mapa 2D de una superficie obteniendo la información con el Kinect.

- b) Aplicación Java que sea capaz de generar la información sobre los puntos de interés en un mapa (distancias, localización o descripción entre otras), el grafo de búsqueda y las rutas óptimas entre los puntos de interés, y la creación automática de códigos QR para cada nodo del grafo.
- c) Aplicación móvil completa capaz de:
 - Localizar al usuario en el espacio 3D mediante el reconocimiento de códigos QR.
 - Buscar puntos de interés.
 - Consultar el mapa desde la pantalla del smartphone.
 - Obtener la ruta óptima para ir de un punto de interés a otro.
 - Consultar la recreaciones panorámicas de los puntos de interés.
 - Mostrar la ruta de evacuación del lugar en caso de emergencia.

2. Organización del proyecto

En esta sección se va explicar en detalle la organización del proyecto ANVM en conjunto, haciendo referencias a los dos proyectos paralelos. En primer lugar se trata la estructura organizativa de manera general, se mencionan los colaboradores externos y se enumera los roles de cada uno de los integrantes del equipo de desarrollo de ANVM.

2.1. Estructura organizativa

Como se ha comentado anteriormente, ANVM está formado por dos equipos de desarrollo que en conjunto han desarrollado las herramientas de ANVM. Estos dos proyectos son ANVM - Virtual Mapping y ANVM - Mobile App. El primero de ellos engloba toda la parte de la virtualización de entornos interiores mediante la captación de imágenes y datos por parte de un robot construido por los propios alumnos. El segundo es el encargado de la aplicación móvil de Android y la aplicación de escritorio para la edición de mapas. A pesar de que cada equipo consta de dos desarrolladores dedicados a campos distintos, se puede asegurar que cada uno se ha visto involucrado en mayor o menor medida en todas las tareas que conforman este proyecto. En la figura 76 podemos ver un cuadro explicativo de como se organiza el proyecto.

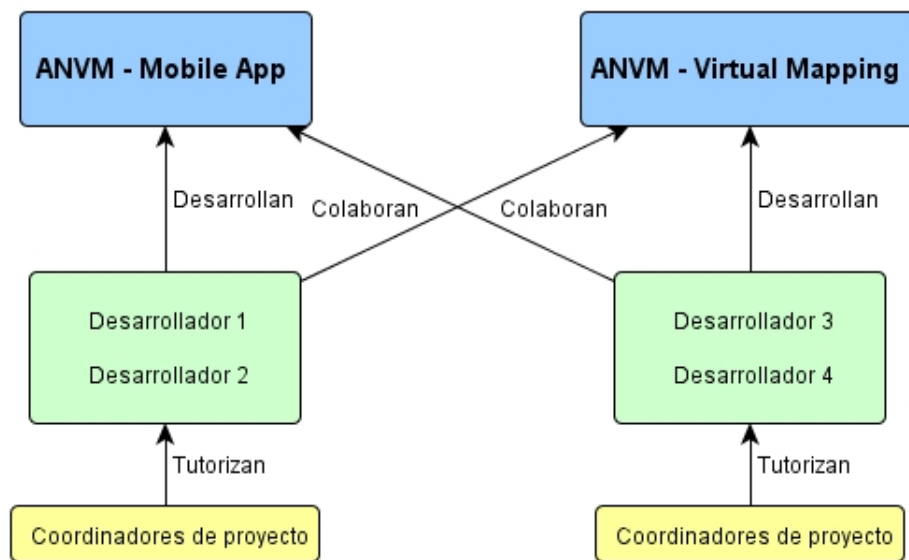


Figura 76: Organización ANVM

2.2. Colaboradores externos

A continuación se van a enumerar una serie de colaboradores que no son los integrantes del equipo del proyecto, pero que han ayudado en mayor o menor medida a que el proyecto saliera adelante.

- **Mr Changchang Wu** miembro del Departamento de Informática de la Universidad de Carolina del Norte y cuyas investigaciones están centradas en las reconstrucciones 3D. Ha colaborado con los desarrolladores de ANVM prestando su experto criterio y experiencia (vía correo electrónico) en la conversión de puntos SIFT, necesario para las primeras investigaciones relativas a la localización a través de imágenes.
- **Don José Luis Blanco** profesor de la Universidad de Málaga, y desarrollador de la librería Mobile Robot Programming Tool (MRPT) colaboró mediante una serie de correos y mensajes en el foro de su propia librería aclarando ciertas dudas de los integrantes del equipo a la hora de utilizarla.
- **Doña María Laura Hernando Guadaño** profesora de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Politécnica de Madrid, traductora e intérprete jurada de Inglés y Francés. Ha colaborado en la traducción de todas y cada una de las palabras y frases que aparecen en la aplicación Android en los idiomas francés e inglés.
- Familiares de los integrantes del proyecto colaboraron en las labores de reconstrucción de interiores facilitando la realización de pruebas necesarias para probar la eficacia y buen funcionamiento del proyecto, entre los que destacan José Peñalver y Antonia Santorio.
- ANVM es un proyecto de fin de carrera, y como tal, está tutorizado por profesores de la Universidad Complutense de Madrid. Estos profesores no han participado

directamente en el desarrollo e implementación del proyecto pero sí que han asesorado y tutorizado a los alumnos durante la elaboración del mismo. Además, han proporcionado herramientas técnicas necesarias para el proyecto y han facilitado la utilización de aulas y laboratorios para las reuniones.

2.3. Roles y responsabilidades

En esta sección vamos a presentar los roles y responsabilidades de los miembros del equipo de desarrollo de ANVM. De nuevo destacar que cada desarrollador ha estado implicado en todos los ámbitos del proyecto y las responsabilidades que aquí se mencionan no han sido tarea únicamente de la persona que aquí aparece. Estos son las personas que han trabajado y ayudado al desarrollo de ANVM:

■ Miguel Gutiérrez García-Cuevas

- **Rol:** desarrollador principal de ANVM - Mobile App y colaborador de ANVM - Virtual Mapping.
- **Responsabilidad principal:** encargado del desarrollo de la aplicación en Java, ANVM - MapEditor, para el guardado de información y decoración de los mapas, y encargado de la aplicación de Android de ANVM.

■ Víctor Ortiz García

- **Rol:** desarrollador principal de ANVM - Mobile App y colaborador de ANVM - Virtual Mapping.
- **Responsabilidad principal:** supervisor de la memoria del proyecto ANVM y encargado de la aplicación de Android de ANVM.

■ Alejandro Peñalver Santorio

- **Rol:** desarrollador principal de ANVM - Virtual Mapping y colaborador en ANVM - Mobile App.
- **Responsabilidad principal:** supervisor de la memoria del proyecto ANVM - Virtual Mapping y encargado de la toma de datos con el robot y su posterior procesamiento.

■ Ricardo Pragnell Valentín

- **Rol:** desarrollador principal de ANVM - Virtual Mapping y colaborador en ANVM - Mobile App.
- **Responsabilidad principal:** encargado de la construcción, manejo y mantenimiento del robot para la toma de datos.

■ Luis Garmendia Salvador

- **Rol:** director del proyecto ANVM - Mobile App.
- **Responsabilidades:** asesorar y tutorizar a los alumnos desarrolladores de ANVM.

■ María Victoria López López

- **Rol:** ayudante de dirección del proyecto ANVM - Mobile App.
 - **Responsabilidades:** asesorar y tutorizar a los alumnos desarrolladores de ANVM. Más concretamente, dedicada al posicionamiento del producto más allá de un trabajo de fin de carrera y supervisando la documentación generada a lo largo del desarrollo.
- **Juan Carlos Fabero Jiménez**
 - **Rol:** director del proyecto ANVM - Virtual Mapping.
 - **Responsabilidades:** asesorar y tutorizar a los alumnos desarrolladores de ANVM. Más concretamente, en el campo del apartado hardware del proyecto, lo que incluye el Kinect, el arduino, la construcción del robot y la toma de datos por parte del mismo.
 - **Guadalupe Miñana Roper**
 - **Rol:** ayudante de dirección del proyecto ANVM - Virtual Mapping.
 - **Responsabilidades:** asesorar y tutorizar a los alumnos desarrolladores de ANVM. Cabe destacar en su función la promoción del proyecto más allá de la UCM en diferentes procesos de incubadoras de ideas.

3. Proceso de gestión

Dentro de esta sección se detallará cómo ha sido gestionado el proyecto, cómo se ha planificado, cómo se han dividido las responsabilidades, y cómo se han organizado las diferentes iteraciones que componen el proceso de desarrollo software.

3.1. Estimaciones

La entrega final del proyecto está programada para el día 7 Junio de 2013. Podemos estimar una cantidad de horas globales dedicadas a todo el proyecto mediante una simple multiplicación: Hay 2 miembros en el proyecto, cada uno de ellos ha trabajado un promedio de 14 horas semanales. El proyecto comenzó su fase de investigación en Agosto del año 2012, hasta su finalización el día 7 de Junio, habiendo transcurrido 311 días, es decir, 44,5 semanas. Por lo tanto, se estima que el proyecto tendrá una cantidad de horas igual a 623 por persona, 1246 por equipo o 2492 entre todos los desarrolladores del proyecto ANVM.

3.2. Plan de proyecto

A continuación en esta sección se va a presentar el plan general con el que se ha trabajado en el proyecto ANVM. Se describen en cada una de las subsecciones siguientes cada de los aspectos de este plan general de proyecto.

Plan de fase

El proyecto ANVM ha sido planificado en 3 fases claramente diferenciadas que permitieron a los desarrolladores dividir cómodamente el trabajo y planificar bien cada una de las tres entregas y tenerlas preparadas dentro de las fechas previstas. A continuación se presenta un resumen de cada una de las fases, junto con un diagrama de grant por cada una que representa las principales tareas a llevar a cabo dentro de dicha fase.

Fase de investigación

En esta primera fase del proyecto es donde se lleva a cabo la mayor parte del trabajo de investigación del proyecto. Por tanto, es en esta fase en la cual se descubrieron ciertos aspectos que hicieron modificar algunos de los objetivos del resto de las fases, que venían condicionados por el trabajo de investigación previo. En la figura 77 se puede ver un diagrama de Gantt donde se planificaron a grandes rasgos cada uno de los campos que era necesario investigar, y cuánto tiempo habría que dedicar a cada campo.

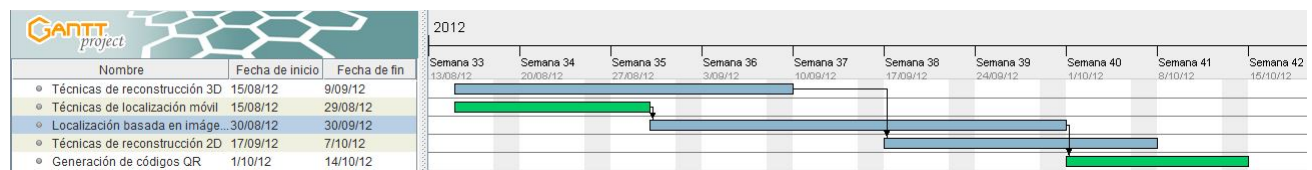


Figura 77: Diagrama de Gantt fase de investigación

Este diagrama ha sido ajustado según las investigaciones llevadas a cabo, ya que alguna tarea tomó más tiempo del que se había previsto como la localización basada en imágenes. Así mismo, los resultados de ciertas investigaciones motivaron nuevas tareas (explorar nuevos campos de investigación) como la generación de códigos QR, y las técnicas de reconstrucción 2D.

Primer prototipo

Una vez completada la fase de investigación, y con sus resultados en la mano, se acordaron los objetivos finales para el primer prototipo del proyecto. Se realiza una planificación de cada una de las tareas a llevar a cabo para cumplir cada objetivo (ver figura 78) y excepto en ciertas tareas, la planificación fue respetada y los objetivos cumplidos a tiempo. En color caqui se representan las tareas de diseño, en azul y verde las de implementación, y en granate las de construcción y pruebas con el hardware del proyecto.

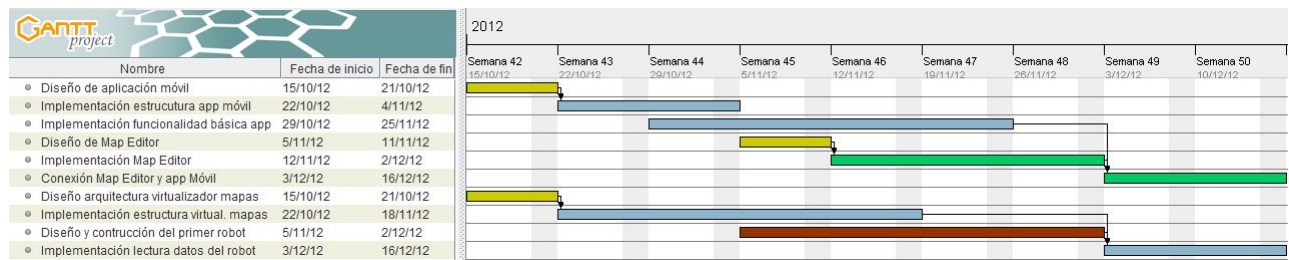


Figura 78: Diagrama de Gantt primer prototipo

Cabe destacar que en esta planificación la mayoría de las tareas no se pueden solapar con las siguientes puesto que dependen unas de otras, y es por eso que debe terminarse a tiempo porque sino retrasa toda la planificación. El equipo tiene muy en cuenta esto y por tanto si alguien termina su tarea antes de tiempo, ayuda a quien esté más retrasado con su tarea. Por esto la mayoría de las tareas se realizan más o menos para el día indicado en el diagrama, a excepción de la última tarea (pruebas sobre la virtualización) que se pospone una semana para terminar la implementación.

Segundo prototipo

Tras el periodo vacacional de navidades se desarrolla el plan de fase para el segundo prototipo, una versión “final” del proyecto a falta de realización de pruebas que quedan para la última parte del curso. A continuación se muestra el último diagrama de Gantt que se hizo para este proyecto con una leyenda similar al anterior.

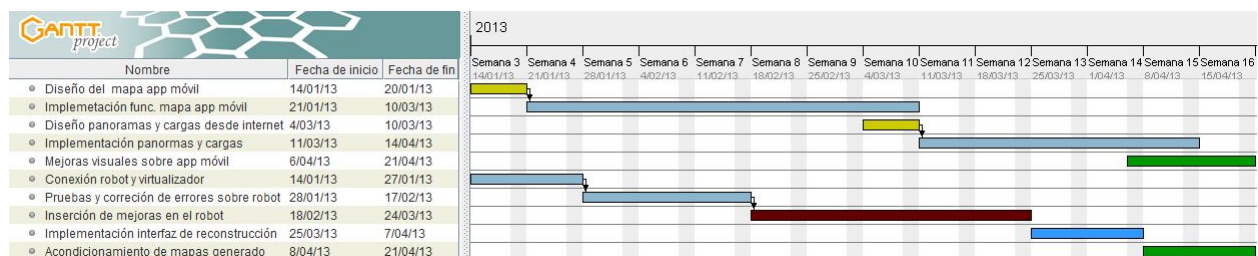


Figura 79: Diagrama de Gantt segundo prototipo

Cabe destacar que durante el periodo de exámenes no se puede trabajar todas las horas deseadas en el proyecto, y por eso se extiende la planificación en esas fechas para dar posibilidad a los desarrolladores de realizar sus exámenes. Aunque se demoran algunas tareas, se llega al objetivo de tener un segundo prototipo con mayor funcionalidad para antes de mayo.

Entrega final

Para esta última fase no se realiza ninguna planificación exhaustiva ya que el único cometido es realizar pruebas sobre el trabajo realizado y arreglar los errores que iban surgiendo así como terminar los puntos de la documentación que faltan. Esta última fase comprende el mes de mayo hasta el final de la entrega el 7 de Junio.

Versiones

De acuerdo con el plan de fase, se planifican 3 versiones con una funcionalidad bien definida y diferenciada para cada una de manera incremental:

- Primer prototipo: 17/12/2012

Para esta primera versión se propone tener diseñada e implementada una estructura para la aplicación móvil lo suficientemente estable y versátil como para poder implementar sobre ella el resto de funcionalidad deseada más adelante. Se implementa también en esta versión la transición entre cada una de las interfaces o pantallas de la aplicación móvil, aún sin funcionalidad.

Por otra parte se diseña e implementa por completo la aplicación Map Editor que permita la conexión entre la aplicación móvil y los mapas generados por la virtualización.

Para la parte de virtualización se planea tener construido una primera versión del robot que realiza las virtualizaciones, y por tanto ser capaces de reconstruir con mayor o menor precisión una superficie pequeña.

- Segundo prototipo: 1/05/2013

En la segunda versión se implementa toda la funcionalidad planificada para este proyecto y descrita en secciones anteriores. Se finaliza la conexión entre Map Editor y la aplicación móvil, así como una versión mejorada del robot capaz de realizar virtualizaciones de espacios mayores y con mayor precisión.

- Prototipo final: 7/06/2013

Esta versión es la primera versión estable del proyecto ANVM que no incluye nueva funcionalidad desde el segundo prototipo. Se plantean simplemente ciertas mejoras y arreglo de errores con respecto a la versión anterior.

Calendario del proyecto

Hito	Periodo de realización	Fase
Investigación técnicas de reconstrucción	15/08/2012 - 08/10/2012	Investigación
Investigación tecnologías de localización	15/08/2012 - 01/10/2012	Investigación
Investigación tecnologías móvil	15/09/2012 - 15/10/2012	Investigación
Implementación estructura de aplicación móvil	15/10/2012 - 25/11/2012	Primer prototipo
Implementación Map Editor	15/11/2012 - 17/12/2012	Primer prototipo
Construcción del robot para reconstrucción	29/10/2012 - 19/11/2012	Primer prototipo
Implementación programa de reconstrucción	22/10/2012 - 01/12/2012	Primer prototipo
Implementación funcionalidad de la aplicación móvil	14/01/2013 - 08/04/2013	Segundo prototipo
Aumento de la capacidad de reconstrucción del robot	14/01/2013 - 04/03/2013	Segundo prototipo
Mejoras sobre el sistema de reconstrucción	04/03/2013 - 22/04/2013	Segundo prototipo
Acondicionamiento de la aplicación móvil	08/04/2013 - 07/06/2013	Versión final
Acondicionamiento de mapas reconstruidos	15/04/2013 - 07/06/2013	Versión final

Tabla 9: Calendario del proyecto ANVM

Plan de formación

En el proyecto ANVM se utilizan técnicas y tecnologías novedosas y por lo tanto el equipo desarrollador necesita cierta formación y práctica con dichas tecnologías. Se realiza un plan de formación en dichas tecnologías durante la fase de investigación, a medida que se van investigando las tecnologías que se van a utilizar, se realizan prácticas sobre las mismas mediante tutoriales y ejemplos que ayudan a la comprensión y posterior utilización de las mismas.

Por tanto los periodos de formación coinciden con los de investigación, se presenta a continuación a modo de resumen en el cuadro 10 las tecnologías sobre las que se tuvo que formar el equipo y el periodo aproximado sobre el que se planificaron las mismas mientras se investigaba sobre ellas.

Tecnología	Periodo de formación
Dispositivo Kinect	15/08/2012 - 22/08/2012
Android OS	01/10/2012 - 15/10/2012
Reconstrucción 3D	01/09/2012 - 10/09/2012
Reconstrucción 2D	01/10/2012 - 15/10/2012
Arduino robot	22/10/2012 - 29/10/2012

Tabla 10: Plan de formación ANVM

Presupuesto

A pesar de que la mayoría de los dispositivos necesarios para la realización del proyecto ya estaban a disposición del equipo de desarrolladores antes de comenzar el proyecto, algunos ha sido necesario adquirirlos posteriormente para completar el proyecto. Puesto que hay que construir un robot, es necesario comprar ciertos componentes hardware para construirlo. A continuación se presentan los elementos que se usan en el proyecto, tanto los adquiridos, como de los que ya se disponía.

- Elementos de los que se disponía al inicio del proyecto:
 - **Sensor Kinect de Microsoft:** instalado en el robot empleado para la virtualización. Utilizado para la toma de datos. Coste 115€
 - **Sony Xperia S:** empleado para ejecutar las pruebas durante el desarrollo de la aplicación móvil. Coste 415€.
 - **Samsung Galaxy R:** empleado para ejecutar las pruebas durante el desarrollo de la aplicación móvil. Coste 300€.
 - **Sony Xperia U:** empleado para ejecutar las pruebas durante el desarrollo de la aplicación móvil. Coste 160€.
 - **Carro portátil:** empleado para sostener el arduino junto con el Kinect y los encoders instalados en las ruedas. Reutilizado, coste cero, además de piezas de lego necesarias para montar el robot.
- Elementos que se tuvieron que adquirir con posterioridad:
 - **Placa Arduino:** instalada en el robot empleado para la virtualización. Necesaria para la comunicación con el ordenador cuando se están recogiendo los datos en una virtualización. Coste 22€.
 - **Encoders:** instalados en el robot empleado para la virtualización. Utilizados para calcular la distancia recorrida por el robot. Coste 8€.
 - **Medidor láser:** para realizar comprobaciones sobre el cálculo de distancias: 0€ (Prestado por colaboradores externos).

3.3. Planes de iteración

A continuación se muestran todos los planes de iteración que se han llevado a cabo dentro de cada fase. Para cada uno de ellos se muestran los objetivos de la iteración, el periodo de realización, así como la planificación que se hizo del trabajo para cada miembro del equipo ANVM. A continuación se muestra en las tablas 11 y 12 un resumen de los objetivos y fechas de cada iteración, cuya planificación es posteriormente explicada en la correspondiente subsección. Todos los objetivos que están directamente relacionados con la parte del proyecto ANVM - Mobile App están relacionados con uno o más casos de uso. En el capítulo Casos de uso puede el lector encontrar una descripción detallada de cada uno de ellos junto con las relaciones que mantienen entre sí ilustradas en sendos diagramas de casos de uso.

Iteración	Periodo	Fase	Objetivos
Iteración 1	15/08/2012 - 17/09/2012	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> - Investigación técnicas reconstrucción 3D - Localización móvil - Localización basada en imágenes: reconstrucción
Iteración 2	17/09/2012 - 15/10/2012	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de reconstrucción 2D - Localización basada en imágenes: localización - Android y códigos QR
Iteración 3	15/10/2012 - 12/11/2012	Primer prototipo	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de la estructura de la aplicación móvil - Implementación de la estructura de la aplicación móvil - Diseño del editor de mapas - Diseño e implementación de la estructura del programa de reconstrucción - Diseño del robot para reconstrucción
Iteración 4	12/11/2012 - 17/12/2012	Primer prototipo	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar funcionalidad básica en aplicación móvil - Implementar editor de mapas - Conexión entre editor de mapas y aplicación móvil - Construcción del robot - Lectura de datos del robot - Conexión robot con programa de reconstrucción - Pruebas sobre el sistema de reconstrucción

Tabla 11: Iteraciones del proyecto ANVM (1 a 4)

Iteración	Periodo	Fase	Objetivos
Iteración 5	14/01/2013 - 04/03/2013	Segundo prototipo	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionalidad en el mapa de la aplicación móvil - Corrección de errores en la aplicación móvil - Corrección de errores del sistema de reconstrucción - Ampliación de espacios de reconstrucción
Iteración 6	04/03/2013 - 15/04/2013	Segundo prototipo	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de navegación 3D (panoramas) - Implementación y creación de datos en otros idiomas - Desarrollo de la base de datos SQL - Ampliación de funcionalidad: mostrar puntos de interés - Mejoras en el sistema de reconstrucción - Implementación de la interfaz del sistema de reconstrucción
Iteración 7	15/04/2013 - 07/06/2013	Entrega final	<ul style="list-style-type: none"> - Mejoras visuales en la aplicación móvil - Alineamiento de los panoramas y hotspot - Ampliación de funcionalidad: botones leyenda y SOS - Realización de pruebas y corrección de errores en la aplicación móvil - Realización de pruebas y corrección de errores en el sistema de reconstrucción

Tabla 12: Iteraciones del proyecto ANVM (5 a 7)

Plan de iteración 1

Primera iteración del proyecto que coincide con el inicio de la fase de investigación. Su duración es de 4 semanas en las que el equipo comienza a investigar sobre los temas hacia los que se desea enfocar el proyecto. La investigación durante esta iteración condiciona en gran parte la que se lleva a cabo en la siguiente, puesto que los descubrimientos en estos campos terminan de fijar claramente los objetivos del proyecto. A continuación se enumeran y describen dichos objetivos, así como los integrantes del equipo a los que se les planificó la tarea.

1. Investigación técnicas reconstrucción 3D

El proyecto surge con esta idea, y por tanto es el primer campo que se ha de investigar. Dentro de este objetivo se engloba todo lo referente al uso del Kinect

en la reconstrucción de espacios tridimensionales y se planifica la investigación de ciertas librerías que ayudan en este campo. Para más información consultar el capítulo de Investigación de la memoria del proyecto Virtual Mapping.

Este objetivo es asignado a Víctor Ortiz, Miguel Gutiérrez, Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.

2. Localización móvil

Este objetivo de investigación se comienza de forma paralela al anterior dado que es otro de los puntos importantes del proyecto. Se pretende estudiar las técnicas de localización que se pueden implementar sobre dispositivos móviles. El estudio de este campo acaba por introducir un objetivo que no estaba contemplado inicialmente, la localización basada en imágenes.

Este objetivo es asignado a Alejandro Peñalver y Miguel Gutiérrez.

3. Localización basada en imágenes: reconstrucción

Se llega a la conclusión, tras la investigación previa en la localización móvil, de que ésta técnica aporta buenos resultados en la localización y se encuentran estudios que aplican esta técnica en dispositivos móviles. Se planifica por tanto para esta iteración la investigación de esta técnica pero tan sólo para la parte de reconstrucción a partir de imágenes. La localización propiamente dicha se deja para la siguiente iteración.

Este objetivo es asignado a Ricardo Pragnell y Víctor Ortiz.

Plan de iteración 2

Este segundo plan de iteración dura también 4 semanas destinadas a acabar la investigación necesaria del proyecto y dejar los objetivos y alcance totalmente especificado. Debido a que ciertas partes de la investigación eran bastante extensas se dividieron entre estas dos iteraciones y por tanto alguna de las tareas son continuación de una tarea de la iteración anterior. A continuación se describen los objetivos de esta iteración así como la asignación al grupo de trabajo correspondiente.

1. Técnicas de reconstrucción 2D

Durante la anterior iteración se investigaron las técnicas 3D y puesto que se descartaron del alcance del proyecto se decide tomar este camino. Dentro de esta tarea se engloba la investigación de todas las técnicas que permitan reconstruir un cierto espacio interior y generar un mapa 2D. También se incluye la investigación y prueba de librerías que permitan utilizar estas técnicas de manera más cómoda y se ajusten a las necesidades del proyecto.

Este objetivo es asignado a Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.

2. Localización basada en imágenes: localización

Se trata de la continuación con el objetivo de la iteración anterior sobre esta técnica, y durante esta iteración se plantea la investigación de la parte propia de la

localización. Se pone como objetivo comprender esta técnica para su posible posterior utilización así como la ejecución de pruebas que permitan ver el error en el cálculo de la posición.

Este objetivo es asignado a Víctor Ortiz, Miguel Gutiérrez, Ricardo Pragnell, Alejandro Peñalver.

3. Android

Dado que la aplicación móvil se implementa en esta plataforma se planifica un estudio e investigación de dicho sistema operativo. Se realizan pequeñas aplicaciones de prueba que sirven a los integrantes del grupo para familiarizarse con el entorno de desarrollo Android.

Este objetivo está relacionado todos los casos de uso de la aplicación móvil y es asignado a Víctor Ortiz, Miguel Gutiérrez.

4. Códigos QR

Se plantea este sistema para la localización en la aplicación móvil tras la investigación de otras técnicas. Para esta iteración se planifica una investigación sobre librerías que ayuden a su implementación en el móvil, así como otras que permitan generar los propios códigos.

Este objetivo está relacionado con el caso de uso Localización QR de la aplicación móvil y es asignado a Víctor Ortiz.

Plan de iteración 3

Este plan de iteración se planifica también para 4 semanas y corresponde con el primer periodo de diseño e implementación del proyecto. Se comienza a diseñar la arquitectura, y se pretende dotar a ANVM de una estructura sobre la que se pueda ampliar fácilmente funcionalidad en las próximas iteraciones. Se trata de una planificación bastante ambiciosa en el sentido de que hay muchas tareas que completar, sin embargo se planean estas semanas de mayor trabajo porque el equipo desarrollador está bastante libre en esta época del curso. A continuación se describen los objetivos de esta iteración así como la distribución del trabajo entre los integrantes del equipo.

1. Diseño de la aplicación móvil

Antes de implementar nada de la aplicación se planea dedicar un tiempo a estudiar bien qué pantallas va a tener la aplicación así como los elementos (botones, imágenes) que debería tener cada uno. Se pretende obtener un esbozo en papel de la transición entre interfaces que definan por completo la futura funcionalidad de la aplicación.

Esta tarea está asociada todos los casos de uso de la aplicación móvil.

Puesto que en esta tarea se deben decidir muchas cuestiones importantes que inflúan en el resultado final del proyecto, se asigna esta tarea a todos los integrantes del equipo: Miguel Gutiérrez y Víctor Ortiz.

2. Implementación de la estructura de la aplicación móvil

Una vez completada la tarea 1 se planea dar comienzo a esta tarea que consiste en realizar una implementación de la estructura de las interfaces diseñadas anteriormente. Se trata de realizar un esqueleto sobre el que implementar después la funcionalidad necesaria dentro de cada interfaz.

Esta tarea está asociada al caso de uso Interactuar con menús.

Este objetivo es asignado a Víctor Ortiz.

3. Diseño del editor de mapas

Se planifica esta tarea para esta iteración con el objetivo de tener todo listo para implementar en la siguiente. Se trata de diseñar la arquitectura del Map Editor a desarrollar en Java. La funcionalidad está bien definida y se deja para el final de la iteración puesto que no tiene demasiada dificultad.

Este objetivo está relacionado con todos los casos de uso de Map Editor y es asignado a Miguel Gutiérrez, Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.

4. Diseño e implementación de la estructura del programa de reconstrucción

Junto con el diseño e implementación de la aplicación móvil esta es una de las tareas más críticas en esta iteración pues era necesario tener listo y preparado el programa para una vez construido el robot comenzar a hacer pruebas lo antes posible. Se plantea diseñar e implementar la estructura del programa así como la funcionalidad principal, para después incorporarle la información proveniente del robot.

Este objetivo es asignado a Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.

5. Diseño del robot para reconstrucción

Esta tarea se planifica para esta iteración para adelantar lo posible y dejar preparado el diseño del robot para comprar los materiales y construirlo en la próxima iteración.

Este objetivo es asignado a Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.

Plan de iteración 4

Esta iteración consta de 5 semanas dentro de las cuáles se pretende obtener un primer prototipo con cierta funcionalidad. Es por eso que se da prioridad a la implementación para obtener una primera versión del proyecto. Los objetivos de esta iteración son por tanto ambiciosos pero posibles y durante esta iteración el equipo se vuelca en el desarrollo. Se trata de conseguir una versión con funcionalidad básica, tanto para la aplicación móvil como para el robot, que permita durante las próximas iteraciones mejorarla y añadir funcionalidad. A continuación se describen los objetivos de esta iteración así como la distribución del trabajo entre los integrantes del equipo.

1. Implementación de funcionalidad básica en la aplicación móvil

Sobre la estructura y funcionalidad montada en la anterior iteración, se continúa implementando aspectos de la aplicación. Se plantean para esta iteración la correcta transición entre interfaces, búsqueda en una base de datos de puntos de

interés dentro de la aplicación, y captación de códigos QR. Además se implementan las primeras versiones de los menús de la aplicación.

Este objetivo está relacionado con los casos de uso Localización QR y Búsqueda de puntos de interés y es asignado a Víctor Ortiz.

2. Implementación del editor de mapas

Una vez diseñada tanto la interfaz como el contenido de este programa se planifica su implementación para esta iteración. Se trata de finalizar por completo la implementación del editor, a falta de posibles mejoras o corrección de errores posteriores, de manera que se pueda utilizar la información generada por éste para la aplicación móvil en próximas iteraciones. Los casos de uso con los que están relacionados estos objetivos son los de la herramienta Map Editor.

- **Creación de la interfaz:** se diseña e implementa una interfaz lo más práctica y agradable para el desarrollador, con los elementos que la dotarán de funcionalidad, como botones o pestañas. Este objetivo está relacionado con el caso de uso Interactuar con la interfaz y es asignado a Ricardo Pragnell.
- **Movimiento y zoom:** sobre la forma de manejar el mapa se diseña un movimiento y zoom lo más práctico posible para el usuario. Este objetivo está relacionado con el caso de uso Movimiento por el mapa y zoom y es asignado a Alejandro Peñalver.
- **Gestión de puntos de interés:** se implementa una estructura de clases lo más sencilla pero a la vez potente para la gestión de todos los puntos de interés así como de los puntos que conforman el grafo de conexiones. Este objetivo está relacionado con los casos de uso Crear infoNode, Editar infoNode, Gestionar mapNodes, Crear mapNode y Conectar mapNodes entre sí y es asignado a Miguel Gutiérrez.
- **Gestión de la información:** se organiza toda la información generada por la herramienta para su posterior utilización en la aplicación móvil de forma eficiente y sencilla, así como en la reutilización de la información en la propia herramienta. Este objetivo está relacionado con los casos de uso Guardar información, Cargar información y Cargar Mapa y es asignado a Miguel Gutiérrez.

3. Conexión entre el editor de mapas y aplicación móvil

Con el aspecto del fichero XML generado por el Map Editor ya bien definido, se planifica para el final de esta iteración comenzar a preparar la aplicación móvil para que reciba los datos generados por el Map Editor. Se plantea comenzar con esta conexión con la intención de acabarla si fuera necesario en la próxima iteración.

Este objetivo está relacionado con el caso de uso de aplicación Map Editor Guardar información y con los casos de uso Ver mapa y Búsqueda de puntos de interés de Mobile App. Esta tarea es asignada a Miguel Gutiérrez.

4. Construcción del robot

Se planifica para el comienzo de la iteración construir el robot diseñado anteriormente capaz de aportar la información necesaria sobre la posición para poder

realizar la reconstrucción. Se prioriza en este objetivo puesto que de él dependen las tareas 5, 6 y 7.

Este objetivo es asignado a Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.

5. Lectura de datos del robot

Este objetivo se planifica para después de terminar la construcción del robot. Se trata de realizar un programa capaz de realizar la lectura de datos mediante USB suministrados por robot Arduino.

Este objetivo es asignado a Ricardo Pragnell.

6. Conexión robot con programa de reconstrucción

Se trata de adaptar los datos leídos desde el robot para conseguir hacer funcionar el sistema de reconstrucción. Una vez concluida esta tarea, estaría finalizada la primera versión del sistema de reconstrucción, a falta de la realización de pruebas que demuestren su funcionamiento.

Este objetivo es asignado a Alejandro Peñalver.

7. Pruebas sobre el sistema de reconstrucción

Debido a utilizar hardware para la reconstrucción que puede no ser del todo exacto se planificaron pruebas al final de la iteración para ajustar los parámetros que hicieran el mapa reconstruido lo más preciso posible.

Este objetivo es asignado a Alejandro Peñalver y Ricardo Pragnell.

Plan de iteración 5

Esta iteración se planifica con una duración de 7 semanas. Es la más larga del proyecto debido a que en medio de la misma se encuentra el periodo de exámenes de febrero, y se opta por dar más tiempo para la realización de las tareas dentro de esta iteración, de manera que los integrantes del equipo puedan dedicar parte de su tiempo a realizar los exámenes y prácticas propios de estas fechas. El trabajo principal de esta iteración consiste en atar todos los cabos sueltos que pudieran haber quedado de la iteración anterior donde se realizó el primer prototipo, y comenzar a implementar nueva funcionalidad para el segundo prototipo. A continuación se muestra una lista de los objetivos de esta iteración así como la asignación del trabajo dentro del equipo.

1. Funcionalidad sobre el mapa de la aplicación móvil

El objetivo de esta tarea es implementar todo lo referente al mapa en la aplicación móvil. Se trata tanto de la visualización del mapa, implementación del zoom y el desplazamiento por el mismo, como de todo su contenido, puntos de interés o cálculo de rutas (información proveniente del Map Editor).

Este objetivo está relacionado con el caso de uso Ver mapa y Hacer zoom y es asignado a Miguel Gutiérrez.

2. Corrección de errores en la aplicación móvil y rediseño de la interfaz

Esta tarea se planifica paralela a la anterior para ir arreglando todos los errores encontrados en el primer prototipo, así como los que se fueran encontrando mientras se implementaba la funcionalidad del mapa en la aplicación.

Este objetivo está relacionado con todos los casos de uso de Mobile App y es asignado a Miguel Gutiérrez y Víctor Ortiz.

3. Corrección de errores del sistema de reconstrucción

Tras las pruebas realizadas en la anterior iteración, se planifica para esta la realización de más pruebas para arreglar todos los errores que se encontraron y conseguir un sistema de reconstrucción sólido de cara al segundo prototipo.

Este objetivo es asignado a Alejandro Peñalver y Ricardo Pragnell.

4. Ampliación de espacios de reconstrucción

Tras conseguir un sistema robusto se plantea como objetivo de esta iteración conseguir un sistema capaz de reconstruir espacios de mayor dimensión, puesto que para el primer prototipo se realizan pruebas en espacios pequeños donde el error acumulado es menor.

Este objetivo es asignado a Alejandro Peñalver y Ricardo Pragnell.

Plan de iteración 6

Esta iteración consta de 6 semanas. En ella se amplía nuevamente la funcionalidad de la aplicación móvil, como es la introducción de los panoramas o la implementación de una base de datos SQL. Para esta iteración se deja tanto tiempo puesto que se debe realizar la toma de fotografías para realizar los panoramas y las fotos de los puntos de interés. Por otro lado se corrigen fallos que pudiera haber en la herramienta Map Editor y se modifica la generación de los ficheros de información como se comenta a continuación. A continuación se describen los objetivos de esta iteración así como la distribución del trabajo entre los integrantes del equipo.

1. Creación de imágenes panorámicas

Se realizan aproximadamente 400 fotografías y se emplea una herramienta para la creación de los panoramas (Hugin), uniendo las imágenes entre sí.

Este objetivo está relacionado con el caso de uso Navegar por panoramas y es asignado a Víctor Ortiz y Ricardo Pragnell.

2. Implementación de la carga de imágenes panorámicas en la aplicación móvil

Por otro lado, se implementa la funcionalidad sobre la aplicación móvil que permite cargar un panorama asociado a cada punto de interés. Es necesario dedicar tiempo a la investigación de cómo cargar estas imágenes desde internet y tantear en que servidor en la nube alojarlas. Además es necesario investigar también la manera de lanzar hilos en Android, pues la descarga de la imagen ha de hacerse en un hilo distinto para evitar bloqueos en la aplicación.

Este objetivo está relacionado con el caso de uso Navegar por panoramas y es asignado a Víctor Ortiz y Ricardo Pragnell.

3. Implementación y creación de datos en otros idiomas

El objetivo de esta tarea es ofrecer al usuario diversos idiomas entre los que poder elegir para ver toda la aplicación, incluida la información sobre los puntos de interés (títulos o descripciones entre otros). Para ello se modifica la herramienta Map Editor para que genere dos ficheros, uno con la información del grafo de conexiones y las matrices de Floyd y otro con los puntos de interés, el cual es el que se modifique dependiendo del idioma.

Este objetivo está relacionado con el caso de uso Interactuar con menús de Mobile App y con el caso de uso Guardar información del Map Editor y es asignado a Víctor Ortiz y Miguel Gutiérrez.

4. Desarrollo de la base de datos SQL

Esta tarea se planifica paralela a la anterior para ir preparando la base de datos, con todos los puntos de interés en los diferentes idiomas, sobre la que se realizan diferentes consultas para obtener puntos de interés, o realizar búsquedas por etiquetas entre otras opciones. Esta base de datos sustituye a la anterior, la cual tenía muchas limitaciones en comparación con este nuevo diseño.

Este objetivo está relacionado con el caso de uso Búsqueda de puntos de interés y Ver información de P.I. y es asignado a Miguel Gutiérrez.

5. Ampliación de funcionalidad: mostrar puntos de interés

Se planifica esta tarea para esta iteración con el objetivo de empezar a acabar toda la funcionalidad que la aplicación tiene. Este objetivo está relacionado con el caso de uso Ver mapa y es asignado a Miguel Gutiérrez.

6. Mejoras en el sistema de reconstrucción

En esta tarea se plantea diseñar mejoras que ayuden a generar mejores mapas y mas sólidos. Esto influye tanto a mejoras técnicas en el robot, como a ajustes en el programa de reconstrucción y en la configuración de los algoritmos que ahí se utilizan.

Este objetivo fue asignado a Alejandro Peñalver y Ricardo Pragnell.

7. Implementación de la interfaz del sistema de reconstrucción

Esta tarea se planifica para dar una apariencia más amigable al sistema de reconstrucción mediante una interfaz que automatice el proceso de reconstrucción y haga más sencilla su ejecución.

Este objetivo fue asignado a Alejandro Peñalver y Ricardo Pragnell.

Plan de iteración 7

1. Mejoras visuales en la aplicación móvil

El objetivo de esta tarea es diseñar las interfaces finales para que la aplicación tenga una apariencia profesional y agradable para el usuario. Para realizar esta

tarea se obtuvo varias opiniones de familiares, profesores y compañeros, así como un estudio de diferentes aplicaciones profesionales, tanto competidoras como no.

Este objetivo está relacionado con el caso de uso Interactuar con menús y es asignado a Miguel Gutiérrez y Víctor Ortiz.

2. Alineamiento de los panoramas y hotspot

Sobre los panoramas creados en la iteración anterior, se planifica esta tarea para realizar mejoras sobre los mismos. Además se añaden botones en forma de flechas (hotspot) para que el usuario pueda desplazarse de un panorama a otro y pueda hacer una visita virtual del espacio en el que se encuentre o que desee observar.

Este objetivo está relacionado con el caso de uso Navegar por panoramas y es asignado a Víctor Ortiz y Ricardo Pragnell.

3. Ampliación de funcionalidad: botones leyenda y SOS

Se plantean mejoras sobre la funcionalidad de la aplicación, dando como resultado los nuevos botones de leyenda y SOS. El primero se incluye en el mapa e indica la leyenda de los iconos que aparecen en el mismo, mientras que el segundo localiza al usuario y le dirige a la salida de emergencia más cercana.

Este objetivo está relacionado con los casos de uso Interactuar con menús, Localización QR y Ver mapa y es asignado a Miguel Gutiérrez y Víctor Ortiz.

4. Realización de pruebas y corrección de errores en la aplicación móvil

Esta última tarea se planifica para realizar varias pruebas sobre la aplicación y sobre la herramienta Map Editor, y así hacer las correcciones necesarias de los errores que se encuentran en ambos sub-proyectos.

Este objetivo está relacionado con todos los casos de uso y es asignado a Miguel Gutiérrez y Víctor Ortiz.

5. Realización de pruebas y corrección de errores en el sistema de reconstrucción

Se plantea mejorar lo máximo posible los mapas generados, así como mejorar detalles técnicos y visuales del sistema de reconstrucción. Se realizan una serie de pruebas exhaustivas para comprobar que el sistema de reconstrucción funciona correctamente.

Este objetivo fue asignado a Alejandro Peñalver y Ricardo Pragnell.

3.4. Control y seguimiento del proyecto

En esta sección se describen todos los planes que sirven de apoyo al desarrollo del proyecto, que ayudan a su realización y su control para que se puedan cumplir con los objetivos de cada una de las iteraciones. Entre ellos se encuentran el plan de informes, un gestor de versiones tanto para la documentación como para la implementación del proyecto, así como un plan de riesgos que el equipo ha seguido para no encontrarse con imprevistos y ser capaces de realizar las entregas en su fecha estimada.

Plan de requisitos

Es importante para este proyecto ver como los requisitos influyen en el desarrollo. Al tratarse de un tema desconocido por los integrantes del equipo, se proponen una serie de requisitos al principio del proyecto que difieren algo de los requisitos finales. El equipo de ANVM ya contaba con esto, y por tanto decidió dedicar dos iteraciones del proyecto a investigar, para poder fijar los requisitos lo antes posible.

Todo esto hace que a pesar de no llevar ningún control exhaustivo sobre los requisitos del proyecto, sí que se ha tenido muy en cuenta que pueden cambiar durante el desarrollo del proyecto, bien porque no se hubiera investigado lo suficiente, o porque directamente algún requisito fuera irrealizable con respecto a la fecha de finalización del proyecto. Se pueden consultar los requisitos de este proyecto en el capítulo de Requisitos.

Plan de control de la planificación

Para cada iteración se prepara una lista con los objetivos que se deben cumplir según la planificación global y el tiempo disponible por parte de cada integrante del equipo. La mayoría de los objetivos que se pusieron para las iteraciones se han ido cumpliendo así que por lo general no hubo que tomar medidas ante la falta de realización de objetivos.

No obstante para aquellas ocasiones en las que ha sido necesario se ha seguido un plan de acción bien sencillo dado que este equipo está integrado tan sólo por 4 desarrolladores. Estas son las dos pautas a seguir a la hora de asignar objetivos que no hubieran sido cumplidos a tiempo:

- Si el objetivo no ha sido cumplido por falta de tiempo dentro del periodo de realización, se vuelve a asignar la tarea a la misma persona como tarea extra para la iteración siguiente.
- Si el objetivo no ha sido cumplido porque la persona a la que se le ha asignado no ha sido capaz o es una tarea demasiado grande para un grupo demasiado reducido, entonces se le da prioridad absoluta en la siguiente iteración y se añaden los desarrolladores que sean necesarios a dicha tarea.

Estas dos pautas dan buen resultado, pues si no se cumple la planificación en un cierto momento, se recupera en seguida en la siguiente iteración y la planificación no sufre mayores problemas.

Plan de evaluación y control de calidad

El plan de evaluación de este proyecto consiste en la realización de pruebas continuas sobre el desarrollo. Dichas pruebas se realizan fundamentalmente:

- **Al realizar cada uno de los objetivos de cada una de las iteraciones.** Una vez terminado un objetivo que cumpla con una parte de la funcionalidad de este proyecto, se realiza una serie de pruebas para comprobar que dicho objetivo ha

sido cumplido satisfactoriamente. Estas pruebas no son demasiado exhaustivas puesto que sino hubiera retrasado enormemente la realización del proyecto.

- **Al finalizar el primer prototipo.** Dado que esta es la primera versión estable del sistema, se planifica realizar una serie de pruebas más exhaustivas, que comprueben que todos los elementos implementados durante las iteraciones anteriores funcionen correctamente y en armonía unos con otros.
- **Al finalizar el segundo prototipo.** Puesto que a partir de este punto no se iba a implementar más funcionalidad, se planifican pruebas similares a las del primer prototipo, aunque aún más exhaustivas intentando dejar el proyecto totalmente funcional. A este tipo de pruebas se las dedica más tiempo debido a su importancia para el proyecto final (éste mismo pero con todos los errores posibles corregidos) en torno a 3 semanas al final del proyecto.

A pesar de ser pocos desarrolladores, se intenta realizar la mayor cantidad de pruebas posibles para que el proyecto sea sólido. Se intercambian los papeles a la hora de realizar las pruebas, es decir, todos los integrantes del equipo intentan probar todos los elementos del proyecto a pesar de no haberlos implementado ellos mismos, para descubrir más errores.

Así mismo para el caso de la aplicación móvil se instala la última versión a los familiares de los integrantes del equipo para que aporten también información de errores que se les puedan producir.

Plan de informes

Toda la comunicación interna de este proyecto se realiza utilizando Google Docs, un sistema de colaboración en tiempo real en línea. También se realizan pequeños informes sobre lo que cada miembro ha implementado día tras día, gracias a la herramienta TortoiseSVN, sistema de control de versiones.

En cada iteración se establecen unos objetivos y fechas límite que deben respetarse por todos los miembros del equipo, establecidos en diversos documentos creados en Google Docs. Por otro lado los desarrolladores deben presentar informes cada semana o cada dos semanas con los objetivos conseguidos y las dificultades encontradas, para facilitar así la comunicación entre ellos y la solicitud de ayuda en caso de que un miembro hubiera encontrado una gran dificultad a la que no pudiera hacer frente él sólo.

La comunicación externa con los profesores se realizó mediante Dropbox, en donde se almacena la información de las progresivas investigaciones, y mediante correos electrónicos con los que se concretaron pequeñas reuniones para mostrar los progresos realizados y consulta de preguntas o sugerencias.

Plan de documentación

Sin duda este plan es fundamental tanto para tener un seguimiento del proyecto, de lo que se iba investigando y desarrollando, así como escribir la planificación que posteriormente queda reflejada en esta misma sección.

En primer lugar durante todo el transcurso del proyecto se han usado varios documentos en el sistema Google Docs en los que cada integrante del grupo iba actualizando información según iba trabajando. Más adelante en el transcurso del proyecto, se procede a pasar dichos documentos con toda la información sobre el proyecto a este documento, redactando de mejor manera la información contenida en los Google Docs y dándole la estructura que tiene esta memoria. A continuación se resumen los documentos creados y cuál era su cometido. Cada documento que aquí se define, corresponde con un capítulo de la memoria final.

- **Documento de definición del proyecto**

Este es el documento introductorio de la memoria. En él se especifica con detalle la composición del proyecto ANVM, las herramientas que lo forman y los sub-proyectos en los que está dividido.

- **Documento de estado del arte y visión**

En este documento se recogen y analizan las necesidades y expectativas a alto nivel del proyecto ANVM. Se describen las capacidades requeridas por los posibles interesados en el proyecto así como los destinatarios del sistema desarrollado. Además se hace un análisis del estado del arte actual describiendo algunas de las herramientas que pueden hacer competencia a ANVM en el mercado.

- **Documento de software utilizado**

En él quedan descritas cada una de las herramientas que se han utilizado en este proyecto, definiendo claramente los pasos seguidos para su utilización. Además, para algunas de ellas se explican las razones por las que se ha utilizado esa en concreto frente a otras opciones existentes analizando sus pros y contras.

- **Documento de requisitos**

Documento que contiene una lista de los requisitos del sistema junto con una descripción de cada uno de ellos. Ha sido actualizado una gran cantidad de veces sobre todo durante el periodo de investigación, y ha sido muy útil durante el desarrollo para mantener claros los objetivos y la funcionalidad que había que desarrollar.

- **Documento de casos de uso**

Una vez pasada la fase de investigación donde los requisitos quedaron más o menos definidos, se crea este documento donde se describen los fragmentos de funcionalidad que componen el proyecto. Este documento trata de fijar la funcionalidad que se reflejaba en el documento de requisitos, y facilitar el diseño del sistema pues en él está basada la arquitectura.

- **Documento de arquitectura y diseño**

En este documento está descrita la estructura y el diseño de la arquitectura del sistema. Se define desde distintas vistas. Una vista de casos de uso, una vista de procesos, y una vista lógica e implementación. Además se incluyen numerosos diagramas de clases que ilustran el contenido de los paquetes en los que se está distribuido el sistema.

- **Documento de plan de desarrollo**

Es quizás el documento más actualizado donde cada semana se refleja la planificación de los objetivos a realizar y quién debe realizarlos. Según se van realizando se van tachando las tareas de la lista.

■ **Documento glosario**

En este documento se recogen todas las definiciones de las palabras, expresiones, siglas y acrónimos que han aparecido a lo largo de la memoria y que se ha creído que un breve apunto puede ayudar a su mejor comprensión.

Capítulo 8

Glosario

Este capítulo define toda la terminología específica relacionada con el desarrollo del proyecto. En él se explican las palabras y expresiones que quizá no sean familiares al lector. Algunas de estas definiciones han sido tomadas de la enciclopedia libre Wikipedia (es.wikipedia.org) habiéndose comprobado la veracidad de todas ellas.

1. Definiciones

En esta sección presentamos todas las palabras o términos que han aparecido a lo largo del documento de memoria. Muchas de ellas han sido definidas brevemente en la sección en la que aparecen pero en este documento se profundiza algo más en cada uno de los términos y expresiones.

1.1. Acelerómetro

Se denomina acelerómetro a cualquier instrumento que mida la aceleración y las fuerzas de la gravedad. Permite detectar movimiento y giros. Es muy usado en aparatos electrónicos portátiles para conocer la orientación del aparato en cuestión. En smartphones por ejemplo es usado para girar la pantalla automáticamente y así se muestre siempre orientada a la posición en la que el usuario está visualizándola.

1.2. Activity

Una activity es un fragmento de funcionalidad con el que el usuario puede interactuar. Las activities suelen siempre crear una ventana para que el desarrollador coloque en ella la interfaz diseñada en XML. Las activities están regidas por una jerarquía, de tal manera que automáticamente al crear una nueva, conoce cuál es su padre y por defecto cuando termine de ejecutarse volverá a él.

1.3. Android

Es un sistema operativo para móviles basado en Linux. Fue pensado inicialmente para smartphones pero cada vez se está expandiendo más a otros dispositivos como tablets, cámaras de fotos o televisores. Inicialmente fue desarrollado por Android Inc., firma que compro Google en 2005. Ahora mismo es desarrollado por la Open Handset Alliance comandada por Google.

La estructura del sistema operativo Android se compone de aplicaciones que se ejecutan en un framework Java de aplicaciones orientadas a objetos en una máquina virtual Dalvik con compilación en tiempo de ejecución.

A día de hoy es el sistema operativo más utilizado con un 50.9 % de cuota de mercado durante el cuarto trimestre de 2011. Uno de sus puntos fuertes es la gran comunidad de desarrolladores con la que cuenta. Actualmente se han sobrepasado ya las 700.000 aplicaciones, de las cuales dos tercios son gratuitas.

El contrapunto que tiene es que no es un sistema operativo libre de malware, aunque la mayoría de ello es descargado desde sitios de terceros y no desde la tienda de aplicaciones Google Play.

1.4. Android Manifest

Toda aplicación Android debe tener un archivo en XML denominado Android Manifest en el que se recoge información esencial sobre la propia aplicación. El Manifest describe los componentes de la aplicación como las activities, los services y los content providers. Determina que activity debe ser la que se ejecute al inicio. Además recoge todos los permisos necesarios que la app necesita para ejecutar alguna de sus funcionalidades, como por ejemplo el uso de internet o la cámara. En él se declara también el nivel de API mínimo (versión de Android bajo la que funciona) que la app requiere.

1.5. ANVM - Map Editor

Se trata de una aplicación que forma parte del proyecto ANVM (Augmented Navigation and Virtual Mapping). Ha sido implementada por los desarrolladores de este proyecto en lenguaje Java. Es utilizada para aportar los datos necesarios a mapas que posteriormente van a ser empleados para mostrar información al usuario. Tras cargar la imagen del mapa, el usuario de esta aplicación tiene la posibilidad de colocar puntos de interés donde desee. Además de estos puntos, también son necesarios otro tipo de puntos a los que están asociados cada uno de los puntos de interés. Este segundo tipo de nodos son los que definen el grafo de distancias para el posterior cálculo de rutas.

La aplicación es capaz de crear un archivo XML en el que queda recogida toda la información y que además verifica una DTD. Junto con este archivo, se genera también un archivo de texto en el que se encuentran todos los puntos de interés. En el caso del proyecto sobre el que trata esta memoria, este archivo es utilizado por la base de datos para la búsqueda de puntos de interés.

1.6. ANVM - Mobile App

Parte del proyecto ANVM dedicada al desarrollo de la aplicación móvil para Android y la aplicación Java, Map Editor. Junto con el proyecto ANVM - Virtual Mapping forman ANVM (Augmented Navigation and Virtual Mapping). La aplicación de móvil sirve como herramienta de guía para sus usuarios. Utiliza funciones de localización a través del

escaneo de códigos QR y es capaz de calcular los caminos óptimos para desplazarse de un punto de interés a otro. Además el usuario puede visualizar el mapa completo previamente virtualizado en la pantalla de su teléfono móvil y realizar búsquedas sobre los puntos de interés de los que desee obtener más información.

1.7. ANVM - Virtual Mapping

Proyecto hermano de ANVM - Mobile App que se ocupa de proporcionar una representación virtual en donde calcular y mostrar la ubicación del usuario. Para ello emplea el sensor Kinect de Microsoft y una plataforma móvil, desarrollada por los miembros del proyecto, para escanear la superficie a virtualizar. Una vez capturados los datos el sistema es capaz de generar un mapa 2D del entorno por medio de un algoritmo SLAM.

1.8. Arduino

Arduino es una plataforma open hardware de prototipado electrónico creado en 2005 por Massimo Banzi y David Cuartielles. Ofrece un entorno de desarrollo completo y además varias alternativas hardware también open source. Sin embargo su característica principal reside en la gran accesibilidad que proporciona a usuarios no experimentados o sin grandes conocimientos de electrónica. Gracias a ello, su popularidad en los últimos años ha ido creciendo a un ritmo sorprendente, utilizado por entusiastas y curiosos en pequeños proyectos, hasta incluso como herramienta de enseñanza en universidades. A su paso ha ido dejando una comunidad muy colaborativa y una multitud de librerías y programas ejemplo de código libre.

1.9. Código QR

Un código QR (del inglés, código de respuesta rápida), es un módulo útil para almacenar información en una matriz de puntos creada por la empresa japonesa Denso Wave en 1994. Se caracteriza por los recuadros que aparecen en 3 de las esquinas que se utilizan para detectar la posición del lector.

Aunque inicialmente sólo se usaban en la industria, la inclusión de lectores en dispositivos móviles como tablets y smartphones ha permitido que uso se oriente hacia el consumidor. Se busca facilitar el día a día a los usuarios y que estos no tengan que introducir información manualmente en el teléfono y puedan hacerlo a través del lector de QR. Es muy común encontrarlos en revistas y cartelería conteniendo las URLs de los anunciantes. Cada vez más se está utilizando también en tarjetas de visita, almacenando todos los datos del interesado. La capacidad de almacenamiento de un código QR puede ser de hasta 4296 caracteres alfanuméricos.

Cabe destacar por último que a diferencia de otros formatos de códigos como Bidi, el código QR es abierto y sus derechos de patente no ser ejercidos.

1.10. Dalvik, máquina virtual

Es la máquina virtual que utiliza el sistema operativo Android. Fue diseñada por Dan Bornstein con contribuciones de ingenieros de Google. Está optimizada para requerir poca memoria y está optimizada para ejecutar varias instancias de la máquina virtual simultáneamente, delegando en el sistema operativo otras funciones como el soporte para el aislamiento de procesos, la gestión de memoria y los hilos.

1.11. Dropbox

Dropbox es un servicio de alojamiento de archivos multiplataforma en la nube, operado por la compañía Dropbox. El servicio permite a los usuarios almacenar y sincronizar archivos en línea y entre ordenadores y compartir archivos y carpetas con otros. Dropbox es un software que enlaza todas las computadoras mediante una sola carpeta, lo cual constituye una manera fácil de respaldar y sincronizar los archivos.

1.12. Framework

La palabra framework (del inglés, marco de trabajo), define un conjunto de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular que sirve como referencia para resolver nuevos problemas similares a los ya estudiados. Dentro del desarrollo software, puede incluir soporte de programas, bibliotecas y un lenguaje interpretado entre otras herramientas, para así desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto.

1.13. Google

Google Inc. es la empresa norteamericana propietaria de la marca Google, cuyo principal producto es un motor de búsqueda de contenido en internet basado en un algoritmo secreto muy efectivo. A parte del buscador, la empresa ofrece una gran cantidad de servicios web como el correo electrónico Gmail, el mapamundi 3D Google Earth, la mensajería instantánea de Google Talk, el sitio web de vídeos YouTube, el navegador web Google Chrome y su más reciente creación, la red social Google+.

Google Art Project

Se trata de un sitio web promovido por la empresa Google que presenta una recopilación de imágenes en alta resolución de obras expuestas en algunos de los museos más conocidos del mundo. Además cuenta también con un recorrido virtual de las galerías en las que se encuentran dichas obras. La función de exploración de los museos se basa en la misma tecnología usada en Google Street View. Algunos de los museos que cuentan con este servicio son el Tate Britain de Londres, el Museo Metropolitano de Arte de Nueva York y la galería Uffizi de Florencia.

Google Docs

Google Docs & Spreadsheets, o Google Documentos y Hojas de cálculo en castellano, es un programa gratuito basado en Web para crear documentos en línea con la posibilidad de colaborar en grupo. Incluye un Procesador de textos y una Hoja de cálculo entre otras herramientas.

Google Maps

Es el nombre de un servicio de Google que ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotos satélites del mundo. Ofrece también información del tráfico en algunas ciudades y es capaz de calcular recorridos e itinerarios. Es muy parecido a Google Earth sólo que está integrado en la web y no es necesaria su instalación. Cuenta con aplicación propia para Android y iOS a parte de la propia web. El transporte público de algunas ciudades importantes y muchos comercios aparecen al navegar con Google Maps, siendo esta una buena manera de promocionar su negocio y para Google una fuente de enriquecimiento de contenido.

Google Play Store

Google Play (antes conocido como Android Market) es una tienda de software en línea desarrollada por Google para los dispositivos Android. Permite a los usuarios buscar y descargar aplicaciones, libros, revistas, series, películas, música y otros servicios a sus dispositivos con Android. Los usuarios pueden ver las valoraciones de otros usuarios, así como algunas imágenes o vídeos y una descripción del contenido antes de su compra o descarga. Actualmente se han sobrepasado ya las 700000 aplicaciones disponibles en la tienda.

Google Ride Finder

Se trata de una herramienta basada en Google Maps que usando la localización permanente de taxis y limusinas mediante GPS, ofrece al usuario los vehículos disponibles cerca de su ubicación. Fue desarrollada sólo para San Francisco y Chicago en Estados Unidos. A partir de 2009 su soporte fue interrumpido.

Google Sites

Es una herramienta creada por Google estructurada como una wiki o creador de páginas web. El objetivo de Google Sites es conseguir que cualquiera sea capaz de crear un sitio web dónde muchas personas puedan colaborar y compartir archivos e información.

Google Street View

Es una extensión de Google Maps y Google Earth que proporciona imágenes panorámicas (360 grados de movimiento horizontal y 290 grados de movimiento vertical), permitiendo a los usuarios ver partes de las ciudades seleccionadas y sus áreas metropolitanas. Ahora mismo está disponible en 25 países europeos, 3 americanos, 11 asiáticos, 2 africanos y en la Antártida.

Las virtualizaciones se llevan a cabo con láseres de última generación y cámaras especiales incorporadas en un vehículo que recorre la ciudad para su reconstrucción. Toda las fotografías son siempre editadas antes de la publicación final, eliminando caras y matrículas debido a las políticas de privacidad internas de cada país.

Actualmente también cuenta con versiones para dispositivos portátiles y una API gratuita que permite insertar versiones de HTML y ActionScript en una web personal o de empresa, con el resultado de poder visualizar imágenes de Street View con un tamaño y contexto elegidos por el usuario.

Google Traffic

Es un complemento de Google Maps que aporta información al usuario sobre el tráfico de las carreteras. Está disponible para Android y iOS. La información sobre el tráfico se consigue tomando datos anónimos de la señal GPS de los teléfonos y creando estimaciones.

1.14. GPRS

Las siglas GPRS corresponden a General Packet Radio Service o lo que es lo mismo, servicio general de paquetes vía radio. Fue creado en los 80 para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes. Con GPRS se pueden utilizar servicios como WAP, SMS, MMS, internet y correo electrónico. Permite velocidades de transferencia de 56 a 144 Kbps.

1.15. GPS

Las siglas GPS corresponden con Global Positioning System, y se trata de un sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión de incluso centímetros. Ha sido desarrollado e instalado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. La antigua Unión Soviética construyó un sistema similar llamado GLONASS y la Unión Europea está desarrollando actualmente su propio sistema de posicionamiento denominado Galileo.

Su uso se expandió a raíz de la implantación en navegadores utilizados para guiar a los usuarios en sus desplazamientos en vehículos a motor. A día de hoy, casi todas las gamas de smartphones incluyen uno en sus características, y es utilizado para funciones

de localización en exteriores requeridas por algunas aplicaciones y herramientas de navegación.

El único pero que tiene es que no puede ser utilizado en interiores ya que pierde casi la totalidad de la señal satélite.

1.16. G-Tec

G-Tec es un grupo de investigación y desarrollo de la UCM formado por docentes, investigadores, ingenieros y programadores. Su trabajo se centra principalmente en la evaluación, diseño y desarrollo de sistemas informáticos, centrándose especialmente en tecnologías móviles. Además se dedican a estudios de rendimiento, fiabilidad, riesgo, cálculo de garantías y desarrollo de aplicaciones abarcando todas las fases del ciclo de vida de cada proyecto incluyendo estudios de mercado y posicionamiento.

Cuenta con la colaboración del Ayuntamiento de Madrid, la Universidad Pontificia de Comillas, la Universidad de Nebrija, Wayra y 4Tic entre otras entidades.

Entre sus últimos proyectos destacan Recycla.me, CGTel, SocialSport y el más reciente en el que están colaborando, ANVM.

1.17. Hugin

Hugin es un software bajo licencia GPL para Microsoft y GNU/Linux que se utiliza para el stitching o cosido de imágenes panorámicas a partir de otras de menos dimensiones. El software extrae puntos de clave de cada fotografía y mediante puntos en común realiza las uniones entre ellas para formar una sola imagen. Incluye funciones para el recorte, la corrección de la perspectiva y la exposición. Es la herramienta utilizada por los desarrolladores de ANVM para la creación de fotografías panorámicas de 360 grados.

1.18. Incubadora de ideas

Las incubadoras son empresas, asociaciones o instituciones que dan apoyo a los emprendedores en la creación e instalación de su empresa. Existen para ayudar en el nacimiento de nuevos negocios ofreciendo diversos servicios. Cada vez más las universidades y los institutos politécnicos del mundo tienden a apostar en la creación de incubadoras de empresas propias. Un ejemplo de incubadora es Wayra, promovida por Telefónica, y que cuenta ya con numerosas ediciones en todo el mundo.

1.19. InfoNode

Término creado por los desarrolladores para referirse a una estructura de datos, que contiene toda la información de los puntos de interés que se insertan mediante el ANVM - Map Editor y que son leídos por la ANVM - Mobile App. La información que contiene esta estructura es el título, la descripción o las etiquetas entre otros, del punto de interés.

1.20. Ipsos

Ipsos es una compañía de investigación a nivel global con sede central en París, Francia. Ha organizado sus actividades en varias áreas de especialización como son la investigación publicitaria y el marketing, los medios de comunicación, la investigación tecnológica, las encuestas de opinión y la calidad de opinión de relaciones entre clientes y consumidores entre otras.

1.21. iOS

iOS es un sistema operativo para móviles desarrollado por la empresa americana Apple Inc. Inicialmente fue desarrollado para el smartphone de la compañía, el iPhone, y más adelante fue implantando en otros dispositivos como iPod Touch, iPad y Apple TV. Apple no permite la instalación de iOS en hardware de terceros.

1.22. Java

Java es un lenguaje de programación publicado en 1995 como un componente fundamental de la plataforma Java de Sun Microsystems. Deriva mucho su sintaxis de otros lenguajes como C y C++, pero tiene menos facilidades a bajo nivel. Las aplicaciones de Java son generalmente compiladas a bytecode que pueden correr en cualquier máquina virtual Java (JVM) sin importar la arquitectura de la computadora.

Java es un lenguaje de propósito general, concurrente, basado en clases y orientado a objetos. Fue diseñado específicamente para tener la menor cantidad posible de dependencias de implementación. Su intención es permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo (conocido en inglés como WORA, o "write once, run anywhere").

1.23. kd-Tree

En ciencias de la computación, un árbol kd (abreviatura de árbol k-dimensional) es una estructura de datos de particionado del espacio que organiza los puntos en un Espacio euclídeo de k dimensiones. Los árboles kd son un caso especial de los árboles BSP (Binary Space Partitioning).

Un árbol kd emplea sólo planos perpendiculares a uno de los ejes del sistema de coordenadas. Esto difiere de los árboles BSP, donde los planos pueden ser arbitrarios. Además, todos los nodos de un árbol kd, desde el nodo raíz hasta los nodos hoja, almacenan un punto. Mientras tanto, en los árboles BSP son las hojas los únicos nodos que contienen puntos (u otras primitivas geométricas). Como consecuencia, cada plano debe pasar a través de uno de los puntos del árbol kd.

1.24. Kinect sensor de Microsoft

Es un dispositivo desarrollado por la compañía Microsoft que permite la captación de nubes de puntos ver mediante la cámara y el sensor de infrarrojos colocados en su parte delantera.

1.25. MapNode

Término creado por los desarrolladores para referirse a una estructura de datos, que contiene la posición, el identificador y el panorama de ciertos puntos estratégicamente colocados en el mapa 2D. Su función es la de unir los puntos de interés o infoNodes entre ellos, creando de este modo las posibles rutas, o en otras palabras, son los nodos que forman el grafo de búsqueda. Además, los infoNode tendrán el panorama asociado al mapNode al que se encuentren conectados.

1.26. Middleware

Middleware es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos. Éste simplifica el trabajo de los programadores en la compleja tarea de generar las conexiones que son necesarias en los sistemas distribuidos. De esta forma se provee una solución que mejora la calidad de servicio, seguridad, envío de mensajes, directorio de servicio, etc.

Funciona como una capa de abstracción de software distribuida, que se sitúa entre las capas de aplicaciones y las capas inferiores (sistema operativo y red). El middleware abstrae de la complejidad y heterogeneidad de las redes de comunicaciones subyacentes, así como de los sistemas operativos y lenguajes de programación, proporcionando una API para la fácil programación y manejo de aplicaciones distribuidas. Por lo general el middleware del lado cliente está implementado por el sistema operativo, el cual posee las bibliotecas que ejecutan todas las funcionalidades para la comunicación a través de la red. Es una de las utilidades de Android además de servir como sistema operativo.

1.27. Mobile World Congress

El Mobile World Congress (MWC) es un congreso de carácter anual en torno al mundo de la comunicación móvil que actualmente se celebra en Barcelona. El MWC suele ser el espacio donde se produce un mayor número de presentaciones de los avances en telecomunicaciones.

1.28. MRPT

The Mobile Robot Programming Toolkit (MRPT) es una colección de librerías y aplicaciones de C++, portables y bien testeadas que cubren las estructuras de datos y algoritmos más comunes empleados en un gran número de campos de la robótica móvil

tales como Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), visión por computador y planificación de movimientos. Funciona tanto el GNU/Linux como en Windows siendo una de sus características reseñables su portabilidad y reusabilidad. Además es una librería de código libre bajo licencia BSD y cuenta con una extensa documentación. La herramienta ha sido utilizada dentro de nuestro proyecto en la parte de ANVM - Virtual Mapping en conjunción con el Kinect y otros aparatos robóticos como el Arduino para generar las reconstrucciones virtuales.

1.29. OpenGL

OpenGL (Open Graphics Library) es una especificación estándar que define una API multilenguaje y multiplataforma para escribir aplicaciones que produzcan gráficos 2D y 3D. La interfaz consiste en más de 250 funciones diferentes que pueden usarse para dibujar escenas tridimensionales complejas a partir de primitivas geométricas simples, tales como puntos, líneas y triángulos. Fue desarrollada originalmente por Silicon Graphics Inc. (SGI) en 1992.

1.30. OpenGL-ES

OpenGL-ES es una variante simplificada de OpenGL diseñada para dispositivos integrados tales como PDAs, móviles y consolas portátiles. La define y promueve el Grupo Khronos, un consorcio de empresas dedicadas a hardware y software gráfico interesadas en APIs gráficas y multimedia.

1.31. Open Handset Alliance

La Open Handset Alliance (OHA) es una alianza comercial de 84 compañías dedicadas a desarrollar estándares abiertos para dispositivos móviles. Algunos de sus miembros son Google, HTC, Dell, Intel, Qualcomm, Samsung o NVidia.

1.32. Panorama

Una imagen panorámica es la que muestra un panorama usualmente paisajístico o arquitectónico, y que se distingue por el amplio horizonte visual que cubre.

1.33. PanoramaGL

PanoramaGL es la primera librería de código abierto que permite la visualización de vistas panorámicas en Android y iOS. Destaca además por utilizar aceleración gráfica por medio de OpenGL-es y por su capacidad para detectar los gestos del usuario sobre la pantalla. Es necesario contar con una versión de Android 2.X o superior.

1.34. PDA

Las siglas PDA corresponden a Personal Digital Assistant y hacen referencia a unos dispositivos portátiles utilizados como organizadores personales y agendas electrónicas. Tuvieron su gran momento durante finales de los 90 y principios del 2000 con el lanzamiento de Windows Mobile y Microsoft Windows CE. Poco más adelante su uso se vio eclipsado por los smartphones y tablets que incluían sus mismas características en conjunción con otras muchas y dejaba a las PDAs en un segundo lugar.

1.35. Realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real. Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añadir una parte sintética virtual a lo real. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que sobreimprime los datos informáticos al mundo real.

1.36. SLAM

Las siglas de SLAM, en inglés significan Simultaneous Localization And Mapping, y se traduce al español como Localización y Apeado Simultáneos o también Localización y Modelado Simultáneos. Es una técnica usada por robots y vehículos autónomos para construir un mapa de un entorno desconocido en el que se encuentra, a la vez que estima su trayectoria al desplazarse dentro de este entorno. Es la técnica que utiliza el equipo de desarrollo de ANVM en conjunción con otros cálculos y procedimientos para la virtualización de mapas.

1.37. Smartphone

Los smartphones son teléfonos móviles contruidos sobre una plataforma informática móvil, con una gran capacidad de almacenamiento de datos y capaces de realizar funciones semejantes a un ordenador. Casi todos los smartphones permiten a los usuarios instalar aplicaciones y programas adicionales, incluso de terceros, que aportan una gran cantidad de funcionalidades a los dispositivos. Suelen estar dotados de una pantalla táctil, conexión a internet inalámbrica y GPS.

Las empresas líderes en la venta de smartphones son Apple y Samsung con casi la mitad de la cuota de mercado repartida entre ambos. El resto del mercado está repartido entre empresas como RIM (Blackberry), Sony, HTC y LG entre otras.

1.38. Stitching (cosido)

El stitching es un proceso que se aplica para combinar múltiples imágenes, normalmente panoramas o imágenes de gran resolución, en una sola. Se basa en la superposición de campos de visión para producir un nuevo panorama. Normalmente es realizado por programas informáticos como Hugin, e incluso algunas cámaras de fotos digitales pueden realizar stitching internamente. Es la técnica que se ha utilizado en este proyecto para la creación de vistas en tres dimensiones de algunas partes de los lugares virtualizados.

1.39. Tablet

Las tablets son un tipo de ordenadores portátiles, algo más grandes que los smartphones y PDAs, integrados en una pantalla táctil con la que se interactúa con los dedos. Tienen una gran cantidad de funciones en común con los smartphones por el hecho de compartir el mismo sistema operativo aunque en versiones ligeramente distintas.

Los modelos y marcas más conocidas en este sector son los iPad de Apple y las tablets con Android de Samsung y Sony por nombrar algunas.

Fueron el dispositivo móvil que más creció en ventas respecto al año anterior y expansión está llegando a afectar al desarrollo de ordenadores portátiles. Cada vez se sacan al mercado más portátiles convertibles a tablet (con la pantalla táctil extraíble).

1.40. Tile

Un tile es la parte gráfica de cada videojuego que puede ser utilizada para completar partes de un fondo por medio de un tileset (conjunto de tiles). Cada tile es diferente y básicamente del mismo tamaño, en los videojuegos los tiles están colocados en un tileset. Cada tileset tendrá la combinación básica de ciertos lugares del juego, montañas, lagos, bosques etc.

Los tiles también son partes seccionadas de un sprite(imagen), como es en nuestro caso, cada tile es una porción del mapa que juntos y colocados en un orden determinado forman la imagen del mapa completo.

1.41. Tlear una imagen

Mecanismo por el cual partiendo de una imagen origen, obtenemos muchas imágenes del mismo tamaño pero todas diferentes dos a dos, las cuales, al unir las, conforman en un determinado orden la imagen de la que partimos. Es una técnica para obtener los tiles de una imagen.

1.42. TortoiseSVN

TortoiseSVN es un cliente Subversion, implementado como una extensión al shell de Windows. Permite la gestión de grandes proyectos, alojando toda la información en internet y gestionando la misma en diferentes versiones.

1.43. Vista cenital

La vista o plano cenital es aquel en el que la óptica de la cámara de televisión, cinematográfica o de fotografía se encuentra perpendicular respecto del suelo y la imagen obtenida ofrece un campo de visión orientado de arriba a abajo.

1.44. Wayra

Wayra es una iniciativa de Telefónica que pretende promover el talento emprendedor tecnológico en cada país de Latinoamérica y España. Nacida en 2011, esta propuesta realiza una selección entre una gran cantidad de proyectos e ideas, para más tarde dotar a los seleccionados de un respaldo tecnológico, un espacio físico para trabajar y una red de mentoría conformada por expertos de diferentes áreas que ayuden a diseñar un plan de negocios atractivo y rentable.

1.45. Wi-fi

Se trata de un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Algunos de los dispositivos que incorporan esta forma de conexión son las consolas, los ordenadores de sobremesa y portátiles, las tablets, los smartphones y cada vez más, los televisores. Tiene un alcance en interiores de unos 20 metros desde el router hasta el dispositivo en cuestión, algo más en exteriores. Principalmente es utilizado para la conexión a internet y el intercambio de archivos de una manera rápida y cómoda sin cables. Cabe destacar que la velocidad es algo inferior a la que aporta una conexión con cable. El principal problema que tiene este tipo de conexión es la seguridad, ya que existen multitud de programas capaces de capturar paquetes para calcular la contraseña de red y acceder a ella de manera libre.

1.46. XML

XML, siglas en inglés de eXtensible Markup Language ('lenguaje de marcas extensible'), es un lenguaje de marcas desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C). Deriva del lenguaje SGML y permite definir la gramática de lenguajes específicos (de la misma manera que HTML es a su vez un lenguaje definido por SGML) para estructurar documentos grandes. A diferencia de otros lenguajes, XML da soporte a bases de datos, siendo útil cuando varias aplicaciones se deben comunicar entre sí o integrar información. (Bases de datos Silberschatz).

1.47. ZBar

ZBar es un software de código libre para la lectura de códigos de barras provenientes de varias fuentes como vídeo e imágenes tomadas previamente o directamente desde la cámara del dispositivo. Soporta un gran número de simbologías como EAN-13/UPC-A, UPC-E, EAN-8, Code 128, Code 39 y códigos QR. Es utilizada en los siguientes ámbitos:

- Venta al por menor.
- Procesamiento automático de documentos.
- Seguimiento de inventarios.
- Aplicaciones para móviles y dispositivos portátiles.

Una de sus principales ventajas es que cuenta con implementaciones para Linux/Unix, Windows, iOS y Android. Además es el software no comercial de mayor velocidad de escaneo. Por último destacar que es la librería empleada para el reconocimiento de códigos QR en este proyecto.

1.48. ZXing

ZXing, pronunciado “zebra crossing” es un software abierto, con soporte para códigos 1D y 2D implementado en Java con portabilidades a otros lenguajes. Se centran en el uso de la cámara de los dispositivos móviles para escanear y decodificar códigos sin la comunicación con otro servidor. Los formatos a los que da soporte este software son UPC-A y UPC-E, EAN-8 y EAN-13, Code 39, Code 93, Code 128, ITF, Codabar, RSS-14 (todas sus variantes), RSS Expanded (todas sus variantes), códigos QR, Data Matrix, Aztec y PDF 417. Cuentan con una aplicación desarrollada por ellos mismos que se puede encontrar en la tienda de aplicaciones Google Play, llamada Barcode Scanner.

Capítulo 9

Bibliografía y referencias

Este capítulo de la memoria recoge todas las referencias y fuentes consultadas durante el desarrollo de este proyecto.

Visualización de mapas

- Diferentes métodos e ideas para generar tiles e introducir datos en los mapas.
<http://googlemapsapi.blogspot.com.es/2008/01/put-your-map-on-map.html>
<http://www.bdcc.co.uk/GoogleCrunch/Crunch.htm>
<http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/mapcruncher/>
<http://www.bdcc.co.uk/Gmaps/BdccGmapBits.htm>
- Integración de tiles en la aplicación móvil desarrollada en Android.
<https://groups.google.com/forum/?fromgroups=#!topic/osmdroid/-0wc7xfJfvA>
<https://github.com/ened/Android-Tiling-ScrollView>
<http://GORGES.us>
- Herramienta MapTiler para la creación de tiles a partir de una imagen .
<http://www.maptiler.org/>

Reconocimiento de códigos QR

- Empresa dedicada a la creación de QRs visualmente atractivos.
<http://www.paperlinks.com>
- Artículo sobre la creación de QRs atractivos escrito por el creador de Paperlinks con consejos para crear códigos.
<http://mashable.com/2011/04/18/qr-code-design-tips/>
- Información técnica sobre códigos QR . Zonas intocables. División de zonas por colores.
<http://www.youthedesigner.com/2011/09/29/what-is-a-qr-code-and-how-does-it-work/>
- Explicación detallada de códigos QR y pasos para su codificación.
<http://www.thonky.com/qr-code-tutorial/introduction/>

- Tutorial para la codificación de códigos QR.
<http://www.thonky.com/qr-code-tutorial/part-1-encode-data/>
- Librería para decodificar códigos QR.
<http://qrcode.sourceforge.jp/index.html.en>
- Librería en PHP para QR.
<http://phpqrcode.sourceforge.net/>
- Librería ZXing para el escaneado de códigos QR.
<http://code.google.com/p/zxing/>
- Librería ZBar para reconocer QR en Android. También para iOS.
http://sourceforge.net/news/?group_id=189236
- Librería para reconocer glifos.
<http://www.aforgenet.com/projects/gratf/>

Panoramas

- Librería para visualizar panoramas en Android.
<http://code.google.com/p/panoramagl-android/>
- Plataforma para la creación de imágenes panorámicas.
<http://hugin.sourceforge.net/>
- Creación de panoramas con el teléfono móvil.
<http://code.google.com/p/android-opencv-panorama/>

Desarrollo en Android

- Manual básico para la creación de proyectos en Android.
<http://developer.android.com/tools/projects/index.html>
- Tutorial sobre cómo iniciar otra Activity en Android.
<http://developer.android.com/training/basics/firstapp/starting-activity.html>
- Información sobre cómo pasar datos de un Activity a otro.
<http://stackoverflow.com/questions/2091465/how-do-i-pass-data-between-activities-in-android>
- Conjunto de patrones de interfaces para Android.
<http://www.androidpatterns.com/>

- Conjunto de botones y elementos para interfaces en Android.
<http://www.dibbus.com/2011/02/gradient-buttons-for-android/>
- Información sobre el almacenamiento de datos en Android.
<http://developer.android.com/guide/topics/data/data-storage.html>
- Almacenamiento y consulta de datos desde fichero en Android.
<http://www.javaya.com.ar/androidya/detalleconcepto.php?codigo=144&inicio=>
- Almacenamiento y consulta de datos desde fichero en Android.
<http://www.sgoliver.net/blog/?p=2019>
- Manual de manejo de ListViews en Android.
<http://www.vogella.com/articles/AndroidListView/article.html>
- Creación de adaptadores personalizados para ListViews.
<http://devtut.wordpress.com/2011/06/09/custom-arrayadapter-for-a-listview-android/>
- Información sobre la Action Bar de Android.
<http://developer.android.com/guide/topics/ui/actionbar.html>
- Información sobre la adaptación de las aplicaciones a distintos tamaños de pantalla.
http://developer.android.com/guide/practices/screens_support.html
- Información sobre el manejo de memoria en Android y el tratamiento de bitmaps.
<http://stackoverflow.com/questions/16420224/scaling-and-loading-bitmap-causes-oom-outofmemoryerror-android>
<http://developer.android.com/training/displaying-bitmaps/index.html>
<http://stackoverflow.com/questions/477572/strange-out-of-memory-issue-while-loading-an-image-to-a-bitmap-object/823966#823966>
- Diferentes enfoques para la realización del zoom en Android.
<http://code.google.com/p/androidbigimage/>
<http://blog.sephiroth.it/2011/04/04/imageview-zoom-and-scroll/>
<http://androidprogrammingmadeeasy.blogspot.com.es/2011/08/zoom-image-on-double-tap-in-android.html>
<http://www.zdnet.com/blog/burnette/how-to-use-multi-touch-in-android-2-part-6-implementing-the-pinch-zoom-gesture/1847>
http://www.anddev.org/large_image_scrolling_using_low_level_touch_events-t11182.html
<http://www.nineteenfortyone.com/2010/08/hello-zoom-an-android-app-tutorial/>
<http://mobile.tutsplus.com/tutorials/android/image-display-and-interaction-with-android-webviews/>

- Integración de Ogre 3D Mesh con Android para manejo de estructuras en 3D.
<http://www.baynainestudios.com/2011/01/importing-3d-models-in-android/>

Virtualización de interiores

- ANVM - Virtual Mapping
Proyecto de final de carrera de los autores Ricardo Pragnell y Alejandro Peñalver.
- PCL, librería para la creación y el manejo de nubes de puntos.
<http://pointclouds.org/>
- SIFT Keypoint Detector:
<http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/>
- VisualSFM, software para la extracción de puntos 3D y feature points a partir de imágenes.
<http://homes.cs.washington.edu/~ccwu/vsfm/doc.html#size>
- MRPT, conjunto de librerías y aplicaciones que contienen las estructuras de datos y algoritmos necesarios para la localización, SLAM, visión por computador y evitación de obstáculos.
<http://www.mrpt.org>
http://www.mrpt.org/Grabbing_your_own_Kinect_datasets
http://www.mrpt.org/Kinect_and_MRPT
- ACG_localizer
Paper: Tomas Sattler: Fast Image-Based Localization using Direct 2D-to-3D Matching.

Capítulo 10

Anexo I: Plan de Empresa



ANVM

Augmented Navigation and Virtual Mapping

Plan de empresa

Índice

1. Datos básicos del proyecto	4
2. Promotores del proyecto	4
2.1. Historial profesional de los promotores	4
2.2. Grado de dedicación futura al proyecto	5
3. Descripción de los productos y servicios	5
3.1. Identificación de los productos y servicios	5
3.2. Descripción de las características técnicas de los productos y servicios . . .	6
3.3. Elementos innovadores que incorporan, caracteres diferenciales respecto a los de la competencia	6
4. Plan de producción	7
4.1. Descripción técnica	7
4.2. Descripción del proceso productivo	9
5. Análisis del mercado	9
5.1. Aspectos generales del sector	9
5.2. Clientes potenciales	10
5.3. Análisis de la competencia	11
5.3.1. MapStack	11
5.3.2. Quickmap	11
5.3.3. Wifarer	12
5.3.4. Google Street View	12
5.3.5. Google Art Project	12
5.4. Barreras de entrada	13
6. Plan de marketing	13
6.1. Estrategia de precios	13
6.2. Política de ventas	13
6.3. Promoción y publicidad	14
6.4. Canales de distribución	14
6.5. Servicio post-venta y garantía	14
7. Organización y personal	15
8. Plan de inversiones	15
8.1. Inversiones en activos fijos	15
8.1.1. Inmovilizado material	16
8.1.2. Inmovilizado inmaterial	16
8.1.3. Gastos amortizables	16
8.2. Inversiones en capital circulante	17

9. Valoración del riesgo	17
---------------------------------	-----------

1. Datos básicos del proyecto

- **Nombre de identificación del proyecto:** ANVM (Augmented Navigation & Virtual Mapping)
- **Ubicación:** Madrid
- **Fecha de inicio:** Septiembre 2013
- **Tipo de sociedad:** empresa nueva.
- **Explicación breve de la actividad a desarrollar:** ANVM es una suite de herramientas optimizada para dispositivos móviles, que virtualiza superficies como aeropuertos, museos o universidades. Permite consultar la recreación del recinto y actuar como guía hacia puntos de interés a través de una aplicación para smartphones.
- **Número de trabajadores previsto:** 6
- **Cuantificación de la inversión necesaria y su financiación**
 - **Inversión:** 20000€ para pagar a 1 o 2 desarrolladores externos (durante 6 meses) que colabore en la personalización de la herramienta para distintos clientes y las licencias del software utilizado. Los propios socios de la empresa actúan como desarrolladores e inicialmente pueden no percibir ingresos hasta que se den beneficios.
 - **Financiación propia:** 12000€ aportados por los socios.
 - **Financiación ajena:** 8000€ en forma de crédito emitido por una entidad bancaria.

2. Promotores del proyecto

En esta sección se encuentran los datos personales de los promotores de este proyecto de empresa. Se comentan detalles como los datos personales y el historial profesional y académico de cada uno de ellos. Además se describe la dedicación que tendrán con la propia actividad de la empresa.

2.1. Historial profesional de los promotores

- **Víctor:** Ingeniero Superior en Informática por la UCM con media de 6.75. Experiencia en proyectos de desarrollo software en equipos de varias personas, entre los que destaca un proyecto para la asignatura Ingeniería del Software consistente en un videojuego en red en tiempo real de estrategia geopolítica. Manejo del entorno Android y desarrollos para aparatos portátiles.
- **Miguel:** Ingeniero Superior en Informática por la UCM con una media de 6.69. Experiencia en proyectos para dispositivos móviles. Altos conocimientos en desarrollo de software, cuyo hecho académico más destacado es la realización de un proyecto de generación procedural de videojuegos de aventuras en un equipo de diez alumnos. Actualmente trabajando en META4, empresa dedicada a la administración de Recursos Humanos a nivel mundial mediante soluciones software.

- **Alejandro:** Ingeniero Superior en Informática por la UCM con una media de 7.67. Especializado en desarrollo software, cuyo hecho académico más destacado es la realización de un proyecto de generación procedural de videojuegos de aventuras en un equipo de diez alumnos. Actualmente trabajando en META4, empresa dedicada a la administración de Recursos Humanos a nivel mundial mediante soluciones software.
- **Ricardo:** Ingeniero Superior en Informática por la UCM con una media de 6.53. Experiencia en proyectos para dispositivos móviles. Altos conocimientos en desarrollo de software, cuyo hecho académico más destacado es la realización de un proyecto de generación procedural de videojuegos de aventuras en un equipo de diez alumnos. Ha trabajado como desarrollador del videojuego Chivalry Medieval Warfare de Torn Banner Studios.

2.2. Grado de dedicación futura al proyecto

Los socios promotores de la empresa alternarán sus trabajos de media jornada con el desarrollo e implantación de ANVM hasta que este de suficientes beneficios o sea necesaria dedicarle más tiempo.

3. Descripción de los productos y servicios

3.1. Identificación de los productos y servicios

Los servicios que ofrece la empresa pueden diferir dependiendo del cliente. Estos son los distintos sectores a los que está dirigido:

- **Intercambiadores de autobuses, trenes y metro:** un usuario que no está familiarizado con el complejo de transportes es capaz de indicar a la aplicación a dónde quiere dirigirse desde el punto en que se encuentra. La aplicación le plantea una ruta para llegar hasta el lugar dónde el usuario debe coger el transporte detectando dónde se encuentra y siendo capaz de guiarle por los pasillos. Las indicaciones que proporciona el sistema al usuario pueden darse mediante voz como en el caso de un GPS convencional, mediante una lista de pasos a seguir, o mediante indicaciones visuales sobre la recreación virtual.
- **Aeropuertos nacionales e internacionales:** de igual manera que en un intercambiador, un usuario que cuente con una reconstrucción virtual de un aeropuerto en su teléfono móvil es capaz de llegar a la puerta de embarque o al punto de facturación de equipaje de una manera rápida y concisa siguiendo las indicaciones dadas por la aplicación. Además en dicha reconstrucción puede aparecer también puntos de interés como quiosco de prensa, restaurantes, cafeterías u oficinas de aerolíneas.
- **Grandes centros comerciales:** en caso de que la reconstrucción virtual fuera de un gran centro comercial, el usuario es capaz de encontrar fácilmente una tienda en concreto en la que estuviera interesado, siendo guiado paso a paso por la aplicación. Así mismo, en el transcurso de dicho camino, la aplicación le anuncia las ofertas especiales de las tiendas por las que está pasando en ese preciso instante pudiéndose aprovechar de las promociones especiales en curso de cada establecimiento. Otro

uso potencial es reconocer códigos QR publicitarios o informativos ya existentes (en revistas, señales de información y productos) para cargar directamente un lugar específico en ANVM-app. De esta forma permitir al usuario llegar rápidamente a la información deseada.

- **Museos y galerías de exposiciones:** en estos centros, además de la visualización del mapa y puntos de interés junto con la localización del usuario en él, la aplicación muestra rutas temáticas especiales. La aplicación puede mostrar también información, historia o curiosidades sobre las obras del museo o galería concreta. Los invidentes además puede recibir explicaciones sobre las obras por medios auditivos.

3.2. Descripción de las características técnicas de los productos y servicios

La suite de herramientas en la que se basa la empresa está dividida en 3 componentes principales:

- **ANVM - Virtual Mapping:** encargada de la virtualización de interiores por medio de un robot manufacturado por los socios-desarrolladores de la empresa. Este robot está encargado de la toma de datos del entorno, enviando los datos a un ordenador que los va procesando a medida que el robot avanza. Como resultado se obtiene una vista cenital de un mapa que corresponde con el complejo objetivo.
- **ANVM - Map Editor:** se trata de una herramienta desarrollada en Java por los socios-desarrolladores de la empresa. Se encarga de colocar los puntos de interés sobre el mapa virtualizado por la herramienta anterior. Además se puede crear una red de nodos con uniones entre sí que forman un grafo. Este grafo es utilizado para el cálculo de distancias y rutas óptimas.
- **ANVM - Mobile App:** se trata de una aplicación desarrollada para el sistema operativo Android (en el futuro no se descarta la posibilidad de abordar nuevas plataformas). A través de esta aplicación se puede acceder a los distintos mapas virtualizados que previamente ya han contratado los servicios de la empresa. El usuario de la aplicación tiene la posibilidad de visualizar el mapa en la pantalla de su smartphone, localizarse mediante el escaneado de códigos QR, recibir indicaciones para desplazarse a algún lado y consultar información sobre los puntos de interés del lugar. Además, tiene la capacidad de navegar por el entorno virtual al estilo "Google Street View" empleando imágenes panorámicas tal y como se aprecia en el ejemplo de la figura 1. Se puede observar un ejemplo de como se visualiza un mapa, en este caso el de la tercera planta de la Facultad de Informática, en la figura 2.

3.3. Elementos innovadores que incorporan, caracteres diferenciales respecto a los de la competencia

La principal baza innovadora de la empresa es el hecho de ofrecer una herramienta para la localización en interiores, dónde la señal GPS del teléfono no tiene utilidad por falta de cobertura. Mediante el escaneado de códigos QR por parte del usuario, el sistema puede ser exactamente dónde se encuentra y actuar o realizar acciones en consecuencia.

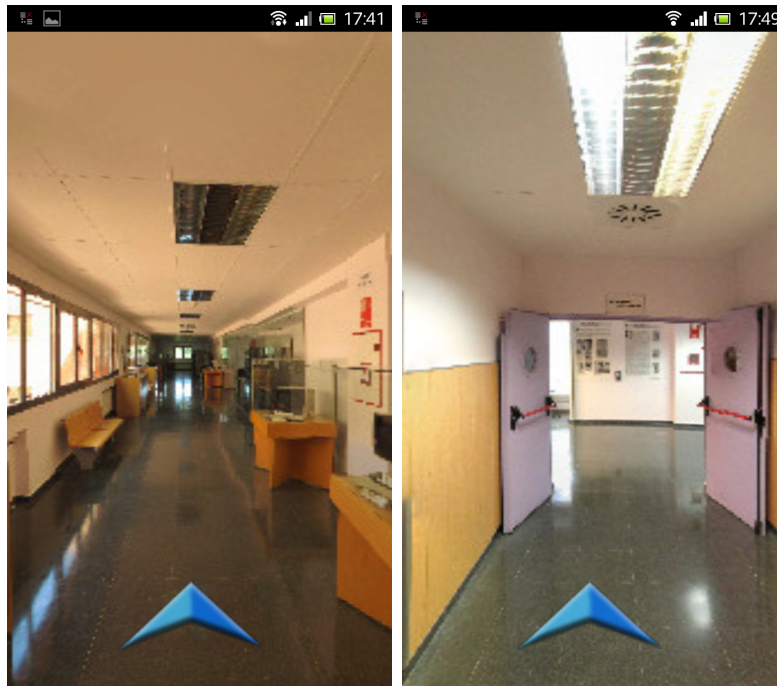


Figura 1: Ejemplo de navegación mediante panoramas



Figura 2: Ejemplo de visualización de mapas en el móvil

Cabe destacar que se trata de una empresa dedicada a las nuevas tecnologías y más concretamente las aplicadas a los dispositivos móviles, que actualmente presentan una de las mayores oportunidades de mercado.

4. Plan de producción

Tiene como objetivo indicar todos los aspectos técnicos y organizativos que conciernen a la elaboración de los productos o a la prestación de servicios recogidos en el Plan de Empresa.

4.1. Descripción técnica

Tal y como se ha comentado en los anteriores puntos, la base del producto encargado de ofrecer el servicio de esta empresa ya se encuentra desarrollado. Dicho producto está

compuesto por tres módulos principales:

- **Un módulo encargado de realizar virtualizaciones denominado Virtual Mapping:** actualmente en desarrollo. Las virtualizaciones se realizan con un robot manufacturado por los socios desarrolladores compuesto por un aparato Kinect de Microsoft, un placa Arduino, un soporte con ruedas para poder ser transportado y dos estructuras ancladas a las ruedas con dos encoders. Los encoders se utilizan para contar los tics que se producen cuando giran las ruedas. Se lo comunican a la placa Arduino y esta los envía al ordenador dónde son recogidos los datos. Después de la toma de datos de posición por parte de los encoders se procede al procesamiento de los mismos en conjunción con las imágenes capturadas por las cámaras y sensores del Kinect. Como resultado de este procesamiento se crea un mapa en 2D dimensiones del lugar personalizado.

Las virtualizaciones se llevan a cabo de los lugares que el cliente desee que sean procesados y que estén disponibles más adelante en la aplicación para móviles. Una vez llegado a un acuerdo con el cliente, el equipo de captura de la empresa se desplaza al lugar en cuestión y realiza la toma de datos para su posterior procesamiento y reconstrucción.

- **Un segundo módulo encargado de incluir información útil en los mapas denominado Map Editor:** esta aplicación se encuentra implementada en el lenguaje de programación Java. Una vez se tiene el mapa concreto del lugar virtualizado que se acordó con el cliente, es cargado en esta aplicación y uno de los desarrolladores se encarga de marcar cada uno de los puntos de interés que el cliente desee resaltar. Se eligen los diseños para los iconos y la apariencia externa del mapa. Una vez situados los puntos de interés se le asocia un nodo perteneciente a un grafo. Este grafo está compuesto por numerosos nodos distribuidos a lo largo del mapa por el desarrollador y cada uno de los estos nodos tiene uno o varios puntos de interés asociados. El grafo es empleado por la propia aplicación para calcular la matriz de distancias entre nodos, que a su vez usará la aplicación móvil más adelante para el cálculo óptimo de rutas.

Al acabar la edición, a través del programa, el desarrollador exporta los resultados en ficheros XML y txt que serán utilizados como entrada en la aplicación móvil para cargar la información.

- **Un último módulo que se encarga de llevar la información al usuario final de la aplicación y que se denomina Mobile App:** este tercer módulo se trata de una aplicación para teléfonos móviles que tengan el sistema operativo Android. Los desarrolladores, en paralelo a la edición del mapa del módulo anterior, pueden ir personalizando una aplicación móvil para la empresa del cliente. Los detalles visuales y funcionales de la misma se acuerdan previamente con el cliente así como las plataformas para las que quiere que esté disponible.

Entre estas posibles funcionalidades se destacan: la localización en interiores mediante el escaneado de códigos QR a través de la cámara del móvil, la consulta del mapa en la pantalla con iconos interactivos de los puntos de interés y distintos niveles de zoom, la búsqueda con recomendación de puntos de interés, la obtención de rutas óptimas para llegar de un lugar a otro del mapa, la posibilidad de elegir entre varios idiomas, la visualización de puntos de interés en un navegador de panoramas al estilo Google Street View, la inclusión de la realidad aumentada para la

promoción de ofertas etc. La inclusión o no de éstas y otras funcionalidades ha de negociarse con el cliente.

En la figura 3 podemos ver un diagrama que ilustra la vista general del sistema.

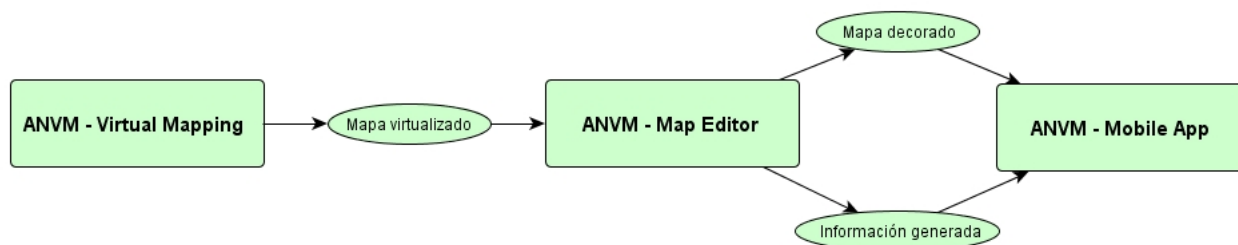


Figura 3: Overview ANVM

4.2. Descripción del proceso productivo

- **Localización geográfica de las instalaciones:** el equipo de ANVM se encuentra afincado en Madrid y esta ciudad es dónde están las instalaciones de la empresa por tratarse de una ciudad con grandes posibilidades y complejos de clientes que puedan ser virtualizados. No obstante el servicio de virtualización se ofrece a lugares de toda la península y de nuevo Madrid cuenta con la ventaja de estar en el centro de la península y relativamente cerca de todas las importantes ciudades.
- **Área de producción:** la empresa se instala en unas oficinas de aproximadamente 90 metros cuadrados en total, ya que se trata de, en principio, un reducido equipo de personas. Si el volumen de clientes crece a lo largo de los años, y la empresa se ve en la necesidad de contratar a más personal, es necesaria unas instalaciones con mayor cantidad de metros cuadrados.
- **Equipos necesarios:** para el desarrollo de la actividad, son necesarios ordenadores de una cierta potencia, así como los materiales anteriormente descritos para la construcción del robot (dispositivos Kinect, encoders, placas Arduino y estructuras con ruedas). Además para la realización de las pruebas de la aplicación son necesarios smartphones de distintas gamas, así como tablets.

5. Análisis del mercado

Este apartado del Plan de Empresa es adecuado para determinar la existencia de un mercado para el producto o servicio, y mediante la información que se obtenga podrá diseñar una estrategia de penetración y diferenciación de los mismos.

5.1. Aspectos generales del sector

A raíz de la aparición de internet los ordenadores empezaron a considerarse el centro de las actividades tanto lúdicas (multimedia y videojuegos) como laborales, posicionándose además como una de las principales herramientas de comunicación en ambos campos. El

objetivo de la industria por aquel entonces era el de colgar en internet el mayor número de información y contenidos para que el usuario pudiera consultarla desde su ordenador. En paralelo al desarrollo de internet, fueron creciendo cada vez más también las tecnologías portátiles como ordenadores, consolas, móviles y PDAs.

En el momento en el que se integró internet en dispositivos portátiles su uso se elevó exponencialmente, la tendencia del mercado cambió, y los teléfonos convencionales comenzaron a denominarse smartphones. Ahora se cuenta con que casi 5 de cada 10 personas en España tiene smartphone. Cada vez con más fuerza están tomando el terreno de las consolas portátiles, los reproductores de música, los navegadores GPS, las PDAs y los pen-drives de almacenamiento ya que un mismo dispositivo reúne todas las funcionalidades de los demás. Por este motivo, lo que se busca es que la información vaya de nuevo al usuario y no el usuario tenga que acudir a ella a través de su ordenador del hogar.

La empresa tiene un enfoque claro a las nuevas tecnologías, siendo un desarrollo cuyo usuario final accede al servicio a través de dispositivos móviles. Como se ha comentado anteriormente este sector se encuentra ahora mismo en total expansión. Este hecho cuenta con dos caras a analizar por el emprendedor. En primer lugar, existe un gran mercado con multitud de oportunidades y clientes potenciales para las empresas dedicadas a las nuevas tecnologías. Pero también, y cada vez más, existe una fuerte competencia en el sector, con una gran cantidad de empresas de mayor o menor envergadura. En este sector es también muy importante invertir en investigación, pues los medios cambian continuamente y la empresa debe adelantarse a la competencia antes de quedar anticuado en el tiempo.

5.2. Clientes potenciales

Los clientes potenciales son todas aquellas empresas y PYMES que cuenten con grandes instalaciones y que deseen ofrecer a sus usuarios o clientes propios un servicio complementario de guía. Entre los sectores implicados se pueden destacar:

- **Empresas y consorcios de transporte:** un usuario que no está familiarizado con el complejo de transportes es capaz de indicar a la aplicación a dónde quiere dirigirse desde el punto en que se encuentra. La aplicación le plantea una ruta para llegar hasta el lugar dónde el usuario debe coger el transporte detectando dónde se encuentra y siendo capaz de guiarle por los pasillos.
- **Aeropuertos nacionales e internacionales:** de igual manera que en un intercambiador, un usuario que cuente con una reconstrucción virtual de un aeropuerto en su teléfono móvil es capaz de llegar a la puerta de embarque o al punto de facturación de equipaje de una manera rápida y concisa siguiendo las indicaciones dadas por la aplicación. Además en dicha reconstrucción puede aparecer también puntos de interés como quiosco de prensa, restaurantes, cafeterías u oficinas de aerolíneas.
- **Grandes empresas encargadas de la gestión de centros comerciales:** en caso de que la reconstrucción virtual fuera de un gran centro comercial, el usuario es capaz de encontrar fácilmente una tienda en concreto en la que estuviera interesado, siendo guiado paso a paso por la aplicación. Así mismo, en el transcurso de dicho camino, la aplicación le anuncia las ofertas especiales de las tiendas por las que está pasando en ese preciso instante pudiéndose aprovechar de las promociones especiales en curso de cada establecimiento. Otro uso potencial es reconocer códigos QR publicitarios

o informativos ya existentes (en revistas, señales de información y productos) para cargar directamente un lugar específico en ANVM-app. De esta forma permitir al usuario llegar rápidamente a la información deseada.

- **Museos y galerías de exposiciones:** en estos centros, además de la visualización del mapa y puntos de interés junto con la localización del usuario en él, la aplicación muestra rutas temáticas especiales. La aplicación puede mostrar también información, historia o curiosidades sobre las obras del museo o galería concreta. Los invidentes además pueden recibir explicaciones sobre las obras por medios auditivos.
- **Universidades (campus universitarios):** en este último caso, los principales usuarios de la aplicación son los alumnos de nuevo ingreso que no conocen las instalaciones y través del sistema pueden consultar el mapa y los puntos de interés como despachos, cafetería, reprografía, laboratorios, etc. Además cada punto de interés tiene una descripción detallada, como en el caso de un despacho en el que el usuario encuentra datos de los profesores que tienen tutorías en ellos.

5.3. Análisis de la competencia

A continuación se van a enumerar las alternativas al producto que se han encontrado en el mercado y se han identificado como posibles competidores, estas son: MapStack, Quickmap, Melon Maps, Wifarer in-venue navigation y algunas herramientas de Google.

5.3.1. MapStack

Estamos ante una aplicación gratuita para Android desarrollada por MapStack Admin. cuya función es mostrar al usuario información en vistas 2D y 3D para la navegación en interiores. Ofrece la posibilidad de buscar lugares por etiquetas y visualizar las opiniones de otros usuarios que estuvieron allí y escribieron alguna reseña. Según las estadísticas de Google Play Store, tiene de 1000 a 5000 descargas con una nota media de 4.8 sobre 5 en las valoraciones de los usuarios.

- **Ventajas:** el usuario puede compartir en redes sociales información sobre los lugares en los que está navegando, utiliza funciones de Google Maps, interfaz cuidada e intuitiva pudiendo emplear vistas en 2D y 3D, en exteriores usa la precisión del GPS para la localización.
- **Inconvenientes:** sólo está asociado a lugares de Hungría, las vistas de los mapas no son excesivamente detalladas, compatibilidad limitada (algunos usuarios se han quejado de que no funciona en sus dispositivos).

5.3.2. Quickmap

De nuevo estamos ante una aplicación gratuita de Android desarrollada por WifiSLAM. Según los desarrolladores es capaz de encontrar al usuario en un mapa en un periodo de 90 segundos. Primero se realiza una fotografía de un plano de la instalación en la que el usuario se quiere localizar. Más tarde con la aplicación abierta, el usuario debe hacer un pequeño recorrido por la zona en la que está. La aplicación recoge muestras de las ondas de radio. Esta información es procesada por la aplicación y como respuesta emite

la localización del usuario en el mapa previamente escaneado. Fue lanzada al mercado en Enero de 2013 y según Google Play Store tiene entre 1000 y 5000 instalaciones con una nota media de los usuarios de 4.8 sobre 5.

- **Ventajas:** no necesita señal GPS, tiene precisión aceptable, lanzada hace poco tiempo.
- **Inconvenientes:** la localización depende de que el usuario cuente con un mapa del recinto, necesita demasiada interacción del usuario, tiene errores.

5.3.3. Wifarer

Se trata de una aplicación gratuita para Android desarrollada por Wifarer Inc. que muestra al usuario dónde se encuentra y a dónde quiere dirigirse de una lista de lugares colaboradores. Esta lista de lugares cuenta con actualizaciones y únicamente incluye sitios de Canadá y Estados Unidos. Fue lanzada en Noviembre de 2012. Para la localización utiliza las señales Wifi del lugar en el que se encuentra el usuario con el consiguiente error que esto conlleva. Según las estadísticas de Google Play Store tiene entre 1000 y 5000 descargas y una valoración de los usuarios de 4.1 sobre 5.

- **Ventajas:** interfaz intuitiva, pionera en localización en interiores, utiliza Google Maps.
- **Inconvenientes:** sólo tiene lugares de USA y Canadá, depende de la señal Wifi.

5.3.4. Google Street View

Complemento de Google Maps utilizado para visualizar los entornos virtualizados. Durante la navegación con Google Maps el usuario puede solicitar la visualización Street View para obtener una panorámica del lugar que pida. Utilizan un sistema en el cuál dividen las escenas en nodos. El usuario navega a través de estos nodos bien desde su PC o bien desde su dispositivo portátil. Al igual que Google Maps, el complemento Google Street View cuenta con entre 100 y 500 millones de instalaciones en Android, con una nota media de 4.3 sobre 5 habiéndose registrado en torno al medio millón de valoraciones.

- **Ventajas:** gran base de datos de ciudades, gran soporte, navegación a través de fotos reales.
- **Inconvenientes:** necesita GPS e internet, herramientas muy caras para las reconstrucciones.

5.3.5. Google Art Project

Se trata de una plataforma online desarrollada por Google a través de la cual el usuario puede tener acceso a imágenes en alta resolución de las obras de arte de una gran cantidad de museos a nivel mundial. El usuario tiene la capacidad de navegar por las galerías de los museos como si se tratase de la herramienta Google Street View comentada anteriormente.

- **Ventajas:** gran resolución de imágenes, acerca el arte a los usuarios.
- **Inconvenientes:** coste elevado de las herramientas para la virtualización, no tiene app para móviles.

5.4. Barreras de entrada

Cómo se ha comentado anteriormente, existe un gran número de empresas dedicadas a las nuevas tecnologías actualmente, y es una tendencia que no hace sino aumentar cada semana. No obstante, la localización en interiores es algo muy novedoso y sobre lo que no existe un gran mercado ya implantando. Por ello, la empresa encuentra aquí un hecho que favorece su implantación rápida. En caso contrario, si la empresa no consigue una cierta cartera de clientes, otras empresas con otras alternativas pudieran pronto ocupar este mercado.

6. Plan de marketing

El plan de marketing tiene como objetivo la fijación de las estrategias comerciales que permitan alcanzar la cifra de facturación que recogerá el análisis económico financiero. Sirve para explotar la oportunidad de negocio y las ventajas competitivas asociadas a la misma. En este plan de marketing se comentan la estrategia de precios, la política de ventas, la promoción y publicidad del servicio ofrecido por la empresa, los canales de distribución de la misma y el servicio post-venta.

6.1. Estrategia de precios

Los precios para el producto ofrecido por esta empresa dependerían mucho del nivel de personalización que el cliente demande así como del número de funcionalidades que desee incorporar.

Una de las principales bazas del servicio que ofrece esta empresa es la posibilidad de virtualizar entornos tanto interiores como exteriores a un coste muy inferior al de la competencia. En el caso de los mapas y virtualizaciones realizadas por Google, son empleados numerosos aparatos de tecnología punta con una gran precisión y también un elevado coste. Estos aparatos están compuestos por un gran número de cámaras de alta gama y unos láseres con tecnología LIDAR que pueden llegar a costar hasta 250.000 dólares.

La empresa ANVM utiliza una tecnología no tan compleja ni precisa pero que es capaz de conseguir unos resultados adecuados para el uso que requieren las virtualizaciones. Para ello, en vez de utilizar estos láseres tan caros, se emplea el dispositivo Kinect de Microsoft en conjunto con elementos electrónicos como encoders que ayudan a determinar la posición del robot que está realizando el escáner. El set de herramientas que componen el robot completo para la virtualización no sobrepasa los 200€ aproximadamente.

Por todo ello, la empresa ANVM es capaz de realizar virtualizaciones de entornos que más adelante se pueden llevar a dispositivos móviles a un coste muy inferior al de la competencia, consiguiendo unos resultados de una calidad presentable.

6.2. Política de ventas

El apartado de ventas en un principio será llevado de forma interna por los propios socios de la empresa, recibiendo asesoramiento externo en momentos puntuales. Tras la implantación del sistema en distintos lugares y con el objetivo de llegar a un mayor conjunto de clientes potenciales, si se considerará la posibilidad de contratar a personal especializado

en ventas, que pueda promocionar el servicio y contactar con los clientes para ofrecer las prestaciones. Al no necesitar demasiado presupuesto inicialmente, una buena parte de los beneficios podrá dedicarse al apartado de marketing para lograr un crecimiento mayor y poder acercar el servicio a más entidades.

6.3. Promoción y publicidad

Existirá una aplicación en la tienda virtual Google Play (o App Store dependiendo de la plataforma elegida) donde cualquier usuario de smartphone podrá descargarla. Se invertirá dinero en colocar la app en lugares visibles a los navegantes de la tienda como por ejemplo en la portada, en desarrolladores destacados, o en los primeros lugares tras realizar búsquedas generales dentro de la tienda Google Play.

Además, en todos aquellos lugares que ya hayan utilizado los servicios que ofrece la empresa, se colocarán carteles informativos con el fin de advertir a los usuarios de la existencia de dicha aplicación, con todas las ventajas que su uso conlleva. En las primeras semanas de su implantación además se ofrecerá publicidad a la entrada de dichos recintos con una descripción de la aplicación y un breve apunte con las instrucciones para su descarga.

Los carteles y papeles informativos llevarán impresos códigos QR que una vez escaneados guiarán al usuario a una página web con más información. De esta manera se introduce al usuario ya en el funcionamiento de la aplicación.

6.4. Canales de distribución

Como se ha mencionado en el anterior apartado, el canal de distribución principal será la tienda de aplicaciones para el sistema operativo correspondiente. Google Play en el caso de Android o App Store en el caso de iOS. El coste de publicar trabajos en estas tiendas es muy reducido en comparación con los costes de producción de las mismas (menos de 100€ en ambas plataformas).

Al tratarse de una distribución virtual, en caso de que se realice la exportación del servicio a otros países, sería fácil y económico llevarlo a cabo.

La aplicación estará disponible para su descarga gratuitamente, ya que los ingresos de la empresa proceden de la personalización del servicio para los distintos clientes.

Además de la tienda de aplicaciones virtual, también se ofrecerá la posibilidad de descargar la aplicación desde la página web oficial de la empresa y desde todas las páginas web de las empresas a las que ya se ha ofrecido el servicio.

6.5. Servicio post-venta y garantía

Una vez completado el servicio para el cliente, la empresa ofrece distintos tipos de contratos de mantenimiento de la aplicación:

- **Tipo 1:** la empresa se encarga de resolver los problemas de tipo funcional que se den en la aplicación, y de adaptarla a los distintos aparatos y plataformas que vayan apareciendo en el mercado con el objetivo de mostrar siempre una visión actual al usuario de la aplicación y tratando de ampliar lo más posible el abanico de smartphones compatibles.

- **Tipo 2:** además de todos los servicios incluidos en el contrato de tipo 1, se incluye la posibilidad de ampliar o editar los puntos de interés existentes, hasta un límite de 3 modificaciones mensuales.
- **Tipo 3:** además de todos los servicios incluidos en el contratado de tipo 2, se incluye la posibilidad de variar la virtualización del mapa a gusto del cliente, bien sea por la realización de reformas en el mismo o porque quiere ampliar la cantidad de mapas disponibles para el usuario.

7. Organización y personal

Los propios socios fundadores de la empresa ocupan puestos de igual rango, no obstante cada uno está encargado de una sección concreta de la empresa. Así pues:

- Alejandro Peñalver y Ricardo Pragnell están a la cabeza de la parte encargada de virtualizar los entornos interiores y exteriores empleando el robot como se ha explicado en secciones anteriores. Ambos han desarrollado investigaciones en el campo de la localización en interiores a lo largo de su carrera universitaria y cuentan con conocimiento amplio sobre la materia.
- Víctor Ortiz y Miguel Gutiérrez por su parte, son los encargados de la aplicación móvil y todo lo que a ella rodea. Ambos tienen experiencia en el desarrollo de aplicaciones móviles en distintas plataformas como Android, iOS y Firefox OS.

Un nivel por debajo en el organigrama de la empresa se encuentran los programadores externos contratados que realizan tareas concretas de programación encargadas por los supervisores mencionados anteriormente.

- Empleados-programadores se dedican a completar los mapas virtualizados con información y detalles gráficos antes de ser utilizados en la aplicación móvil.
- En caso de un volumen alto de demanda, se contrata también a programadores que colaboren en la implementación de la aplicación móvil en las distintas plataformas que haya demandado el cliente.

8. Plan de inversiones

Este punto refleja la decisión de invertir en la empresa. En él se plasma el destino que se dará a unos fondos financieros para obtener una serie de recursos necesarios para la realización del proceso productivo.

8.1. Inversiones en activos fijos

Al hablar en este punto de Plan de Inversiones hay que hacer referencia a lo que se denomina de forma genérica activos fijos, que constituyen una inversión a largo plazo y es una parte de la inversión global de la empresa.

La primera decisión de tipo estratégico que hay que plantearse es la ubicación, considerada en muchos casos vital para la viabilidad de un proyecto y que condicionará en el futuro

el desarrollo del mismo. Para el caso de esta empresa, al tratarse de un servicio que se presenta a los usuarios de manera virtual, la ubicación no es tan importante como en otros casos. No obstante, a pesar de que la distribución del producto final sea virtual, es necesario que la empresa esté localizada en una ciudad en la que existan varios clientes potenciales. Estos son, grandes almacenes, museos, universidades, aeropuertos, etc. Por ello, que la empresa esté localizada en Madrid es un punto a favor, pues en esta ciudad existen numerosos clientes de los anteriormente mencionados. Madrid ofrece proximidad con el mercado objetivo, oferta de empleados cualificados y existencia de buenas vías de comunicación entre otras ventajas.

Los medios que se van a adquirir para el desarrollo de las aplicaciones que forman el servicio ofrecido por la empresa, pueden ser en ocasiones comprados de segunda mano con el objetivo de ahorrar costes. Sobre todo en los casos de móviles en los que realizar pruebas. Los componentes electrónicos no se suelen deteriorar demasiado y por ello interesa siempre que sea posible adquirirlos de segunda mano siempre y cuando no se queden obsoletos por ser demasiado antiguos.

8.1.1. Inmovilizado material

En este apartado se describen las inversiones que realizará la empresa y que se materializarán en bienes inmuebles o inmuebles tangibles que no se destinarán a la venta o transformación. Tendrán un periodo de duración superior a un año y su deterioro o contribución al proceso productivo se materializará a través de las amortizaciones anuales.

- **Edificaciones y construcciones:** la empresa contará con una oficina que hará la función de sede de la empresa en la zona Noroeste de Madrid. Las oficinas serán de una superficie entre 70 y 100 metros cuadrados. Coste: 123.000 €.
- **Maquinaria de proceso:** en este apartado se incluye el robot diseñado para las virtualizaciones. Coste: 150€.
- **Herramienta y utillaje**
 - Equipos informáticos de gama media-alta para el desarrollo de las aplicaciones. Coste: 2.300€.
 - Teléfonos móviles para realizar las pruebas. Coste: 1.800€.

8.1.2. Inmovilizado inmaterial

En este apartado aparecen las inversiones y elementos patrimoniales intangibles que tiene la empresa con carácter estable y que son susceptibles de ser valorados económicamente.

- **Aplicaciones informáticas:** aquí se incluyen las licencias de software necesario para las virtualizaciones y las cuotas de publicación en las tiendas de aplicaciones. Coste: 800€.

8.1.3. Gastos amortizables

Son aquellos gastos en que se incurre hasta el comienzo de la actividad. Forman parte de ellos los gastos de primer establecimiento y los gastos de constitución. Tienen consideración

de gastos plurianuales y por lo tanto susceptibles de ser amortizados anualmente. Para este caso sólo se consideran los honorarios de la asesoría que lleva contabilidad y asesoría de la empresa.

8.2. Inversiones en capital circulante

La inversión vinculada al ciclo de explotación de la empresa se denomina capital circulante, y determina el volumen de recursos financieros que un proyecto necesita tener de forma permanente para hacer frente a las exigencias del proceso productivo. También se puede decir que el capital circulante es el activo circulante menos el pasivo circulante. Las partidas que suelen conceptuarse como circulante son:

- **Activo circulante:** para esta empresa sólo se consideraría activo circulante el flujo de caja y bancos, pues inicialmente no se tiene derechos de cobro sobre clientes.

9. Valoración del riesgo

El principal riesgo de esta empresa radica en la aparición de nuevas tecnologías y nuevos competidores. Al tratarse de un campo tan novedoso y útil para la sociedad, existe una gran comunidad de desarrolladores llevando a cabo alternativas actualmente. Por ello, no es de extrañar, que en un futuro cercano exista una competencia mucho más fuerte que la actual.

Además, el problema de la localización en interiores, está sufriendo grandes avances en estos últimos meses, y lo que ahora resulta una alternativa novedosa y simple, en poco tiempo puede quedarse obsoleta. Por ello, es muy importante que desde el primer día se dedique tiempo y recursos a la investigación de las últimas tecnologías que aparecen en el mercado.